LIBRARY
BUR. OF COMM. FISH.
HON. BIOL. LAB.

農林省
水産講習所研究報告

第 6 巻

THE JOURNAL OF THE SHIMONOSEKI COLLEGE OF FISHERIES

Vol. 6.

農林省水産講習所
下関市吉見

Published by
the Shimonoseki College of Fisheries
Yoshimi, Shimonoseki City, Japan.
1956~1957

農林省水産講習所研究報告

第 6 巻

総　目　次

第 1 号（昭和31年11月）

橈脚類の発生並びに分類に関する研究…… 千葉卓夫 …… 1

集魚灯で誘致した魚群の形状と巾着網の操業に就いて
…… 千種正則・片岡昭吉・広瀬　誠 …… 91

魚類に分布する結晶 Guanine の屈折率の研究…… 上田　正・松沢定五郎 …… 97

稚鯉の栄養に関する研究
第1報　餌料蛋白含有率の差異が稚鯉の成長及び斃死率に及ぼす影響に就いて
…… 赤築敬一郎 …… 101

第2報　餌料蛋白含有率の異なる場合の蛋白消化率並びに摂餌率に就いて
…… 赤築敬一郎 …… 109

有明海産有用二枚貝の初期生活史（1）タイラギ，コケガラス…… 吉田　裕 …… 115

中部印度洋に於けるキハダマグロの魚体組成並びに外部形態的特徴に就いて
…… 平野　修・田川昭治 …… 123

マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について(II)
放出時刻に及ぼす乾燥の影響について…… 松井敏夫 …… 141

第 2 号（昭和32年3月）

Acetylcholine (ACh) Cycle in the Electric Organ of Fish
…… Seishi KUWABARA …… 149

印度洋中部海域に於ける鮪延縄漁業試験の結果について…… 片岡昭吉 …… 241

工場廃水に関する研究
第7報　笠戸湾に及ぼす廃水の影響に就いて…… 赤築敬一郎・早山万彦 …… 249

稚鯉の栄養に関する研究
第3報　酸素消費量に就いて…… 赤築敬一郎・早山万彦 …… 255

日本海の魚類相…… 吉田　裕・伊藤健生 …… 261

アラムシロ *Tritia* (HINIA) *festivus* (POWYS) ムシロガイ *Nassarius livescens* (PHILIPPI) の卵嚢及び孵化幼生に就いて…… 網尾　勝 …… 271

ハモの精巣における生殖細胞の季節的変化…… 西川昇平 …… 281

第 3 号（昭和32年7月）

巾着網の形状に関する研究 — I
巾着網の網端縮結の変化に依る形状変化について
…… 千種正則・片岡昭吉・角田精一・高瀬増男・広瀬　誠 …… 285

北印度洋中部のマグロ漁場の海況ならびにプランクトンについて
…… 千葉卓夫・佐藤猛郎・鶴田新生・平野　修・田川昭治 …… 291

オーレオマイシンの化学的測定法に就いて …… 藤井　実・冨田輝雄 …… 315

NH_3の Iodimetry に依る測定法の検討…… 藤井　実・立川成章・西野イチ …… 319

魚類プロテアーゼに関する研究 — VII
ビンナガ鮪及び鰤幽門垂プロテアーゼの酵素化学的性質 (II)，作用力の比較及び作用力に及ぼす防腐剤 (5-nitro-2-furfral-semicarbazone; Chlortetracycline)の影響について…… 藤井　実 …… 323

pH及び農薬のドジョウに及ぼす影響に就いて
…… 久保田善二郎・早山万彦・栗山丞治 …… 327

Studies on the Resistance of the Pearl Oyster, *Pinctata martensii* (Dunker), against Changes of Environment
IV. On the Tolerance of the Oyster Considered from the Relation between the Ciliary Movement and the Heart Beat…… Hiroshi KOBAYASHI …… 337

有明海産有用二枚貝の初期生活史 (II) ハイガイ，アゲマキ…… 吉田　裕 …… 347

マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について (III)
自然岩礁に於ける冠水時の放出…… 松井敏夫 …… 353

THE JOURNAL OF THE SHIMONOSEKI COLLEGE OF FISHERIES

Vol. 6. (1956～'57)

CONTENTS

No. 1. (November, 1956)

Studies on the Development and the Systematics of Copepoda
..... Takuo CHIBA 1

Forms of Fish Shoal Lured by the Fish Lamp and Setting Direction of Purse Seine
..... Masanori CHIGUSA, Akiyoshi KATAOKA, and Makoto HIROSE 91

On Refractive Index of Crystal Guanine from Marine Fish
..... Tadashi UEDA and Jōgorō MATSUZAWA 97

Studies on Nutrient of Carp-fry
1. Effect of Variations in Protein Content in Diet upon Growth and Mortality of Carp-fry .... Keiichiro SYAZUKI 101

Studies on Nutrient of Carp-fry
2. Digestibility of Protein and Ingested Feed Percent of Body Weight in Foodstuff Having Various Level of Protein ..... Keiichiro SYAZUKI 109

Early LifeHistory of Useful Bivalves in the Ariake Sea (I)
..... Hiroshi YOSHIDA 115

On the Body Composition and Morphological Character of Yellowfin Tuna in the Mid-Indian Ocean
..... Osamu HIRANO and Shozi TAGAWA 123

On the Shedding of th Spores of *Gloiopeltis tenax* (TURN.) J. AG. and *G. furcata* POST. et RUPR. (II)
Effect of Drying on the Shedding Time ..... Toshio MATSUI 141

No. 2. (March, 1957)

Acetylcholine (ACh) Cycle in the Electric Organ of Fish
..... Seishi KUWABARA 149

On the Result of Tuna Longline Fishing Examination in the Middle Indian Ocean ..... Akiyoshi KATAOKA 241

Studies on the Foul-water Drained from Factories
7. On the Influence of the Waste Liquor on the Kasado Bay
..... Keiichiro SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA 249

Studies on Nutrition of Carp-fry
3. Consumption of Oxygen
..... Keiichiro SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA 255

Fish Fauna of the Japan Sea ..... Hiroshi YOSHIDA and Takeo ITŌ 261

On the Egg-capsules and Larvae of *Tritia festivus* (POWYS) and *Nassarius livescenss* (PHILIPPI) ..... Masaru AMIO 271

Histological Observation on the Spermatogenetic Cycle of a Conger eel, *Murenesox cinereus*(Forskal)..... Shyohei NISHIKAWA 281

No. 3. (July, 1957)

Studies on the Configuration of Purse Seine — I
On the Variations of the Configuration due to the Shrinkage at the Wing Sides of the Purse Seine
.....Masanori CHIGUSA, Akiyoshi KATAOKA, Seiichi TSUNODA, Masuo TAKASE and Makoto HIROSE. 285

Oceanographical and Planktological Studies of the Tuna-Fishing Grounds in the Middle Part of the North Indian Ocean
..... Takuo CHIBA, Takerow SATOW, Arao TSURUTA Osamu HIRANO and Shozi TAGAWA 291

On the Chemical Determination of Aureomycin by Titrating Organic Chlorine in Aureomycin Molecule
..... Minoru FUJII and Teruo TOMIDA 315

Re-examination on the Iodimetry Applied to the Determination of Ammonia-Nitrogen
..... Minoru FUJII, Naruaki TACHIKAWA and Ichi NISHINO 319

Studies on the Protease of Fishes—VII
On the Enzymatic and Chemical Properties of the Protease in Pyloric Appendage of Albacore *Thunnus alalunga* and Sardine *Sardinops melanosticta* (Part II)
Comparison of Proteolytic Activity of Pyloric Appendage of *Albacore* and Sardine with that of Trypsin-preparation and Influence of Antibiotics as 5-nitro-2-furfural-semicarbazone and Chlortetracycline on the Proteolytic Activity
..... Minoru FUJII 323

Influence of pH and Agricultural Chemicals on the Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)
..... Zenziro KUBOTA, Kazuhiko HAYAMA and Zyōzi KURIYAMA 327

Studies on the Resistance of the Pearl Oyster, *Pinctada martensii* (DUNKER), against Changes of Environment
IV. On the Tolerance of the Oyster Considered from the Relation between the Ciliary Movement and the Heart Beat
..... Hiroshi KOBAYASHI 337

Early Life History of Useful Bivalves in the Ariake Sea (II)
..... Hiroshi YOSHIDA 347

On the Shedding of the Spores of *Gloiopeltis tenax* (TURN.) J. AG. and *G. furcata* POST. et RUPR. (III)
Liberation of the Spores from the Fronds Reflooded by Rising Tide ..... Toshio MATSUI 353

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/journal-national-fisheries-university_1956-1957_6

橈脚類の発生並びに分類に関する研究※

千　葉　卓　夫

Studies on the Development and the Systematics of Copepoda

By

Takuo CHIBA

1956

※水産講習所研究業績　第188号

目　　次

第1章　緒言及び既往の業績……1

第2章　採集及び研究方法……3

第3章　発生に関する研究……7

I. 序　　説……7

II. 抱卵型式……7

III. 抱卵数に就いて……10

1. 既往の業績……10

2. 研究結果……10

A. 抱卵数と卵径……10

B. 抱卵数の考察……12

IV. 生殖器官……12

1. 既往の業績……12

2. 精　　嚢……13

V. 把握器に就いて……15

VI. 把握の様式……15

VII. 交　　尾……16

VIII. 精嚢移行の様式……17

IX. 受　　精……17

1. 既往の業績……17

2. 研究結果……18

A. 受精の考察……18

B. 受精の異常型……19

X, 初期発生……19

XI. 環境と生殖との関係……19

XII. 産　卵　期……20

1. 既往の業績……20

2. 研究結果……21

A．生殖時期の判定……21
B．中部太平洋の生殖該当種……21
C．有明湾の生殖該当種……22
D．印度洋スンダ列島近海の生殖該当種……22
E．ビキニ海域の生殖該当種……23
F．北洋の生殖時期……24
XIII．変　　態……24
1．既往の業績……24
2．*Eurytemora pacifica* の変態……25
A．Nauplius stage 及び Copepodite stage……25
B．前　体　部……26
C．後　体　部……27
D．第一触角……27
E．第五胸肢……29
XIV．幼生に就いて……29
1．研究目的……29
2．研究結果……29
a．*Calocalanus pavo* 未成熟の雌……29
b．*Euchaeta marina* 未成熟の雄及び雌……30
c．*Metridia lucens* 未成熟の雄……31
d．*Phaenna spinifera* 未成熟の雌……32
e．*Euchirella amoena* 未成熟の雌……32
f．*Scolecithrix danae* 未成熟の雄……33
g．*Pleuromamma xiphias* 未成熟の雄……34
h．*Centropages violaceus* 未成熟の雄……34
i．*Tortanus forcipatus* 未成熟の雌……35
j．*Candacia truncata* 未成熟の雄……35
k．*Candacia bipinnata* 未成熟の雄……36
l．*Candacia curta* 未成熟の雄……37
m．*Candacia discaudata* 未成熟の雄……37

n. *Clytemnestra scutellata* 未成熟の雄……38
o. *Acartia erythrea* 未成熟の雌……39
XV. 雌雄の出現比率……39
XVI. 畸形現象に就いて……41
XVII. 摘　　要……43

第4章　分類に関する研究……46
I. 序　　説……46
II. 新種及び指標種の記載……46
1. *Pontella indica* sp. nov.……46
2. *Centropages pacificus* sp. nov.……47
3. *Haloptilus pacficus* sp. nov.……48
4. *Undeuchaeta japonica* sp. nov.……48
5. *Scolecithricella pacifica* sp. nov.……49
6. *Acartia erythrea* male nov.……50
7～29. 其の他指標種の記載……51
III. 摘　　要……65

第5章　橈脚類の化学成分……66
I. 序　　説……66
II. 採集及び研究目的……66
III. 研究結果……67
IV. 摘　　要……68

第6章　プランクトンを食する魚類の食性に関する研究……69
I. 序　　説……69
II. マイワシ *Sardinops melanostica* (T. & S.) の食餌……69
1. 研究方法……69
2. 研究結果……69
A. マイワシの体長，性別並びに成熟度による食餌量の比較……69
B. 食餌組成……70

3．考　　察……71
III．カタクチイワシ *Engraulis japonica* HOUTTUYN の食餌……72
1．研究方法……72
2．研究結果……72
A．口　　器……72
B．鰓　　耙……73
C．食餌組成……74
IV．鮭鱒の食餌……76
V．摘　　要……77
参考文献……78
Summary……88

第1章　緒言及び既往の業績

Chapter I. Introduction and Historical Reviw of the Studies on the Copepoda.

プランクトンの中で重要な位置を占める橈脚類（Copepoda）に関する研究業績は甚だ多く，これを大別して分類学，生理生態学，発生学，化学の研究分野に分つことが出来よう。就中分類学的方面の研究業績は多く，欧米に於ては古くから此の分野が開拓された。今之等の研究を各大洋毎に集録めれば，太平洋の橈脚類について BRADY, G. S. (1883), GIESBRECHT, W. G. und SCHMEIL, O. (1896), ESTERLY, C. O. (1905, '06, '12), STEUER, A. (1907, '32), FARRAN, G. P. (1936), DAVIS, C. C. (1949), WILSON, C. B. (1950) 等の研究業績があり，大西洋の橈脚類については，SARS, G. O. (1903), WOLFENDEN, R. N. (1904), WILSON, C. B. (1932) 等の業績があり，印度洋，マレー諸島沖では，CLEVE, P. T. (1901), SCOTT, A. (1902, '09), FARRAN, G. P. (1911, '13), SEWELL, R. B. (1914, '29) の業績がある。地中海及び紅海の橈脚類については，PHILIPPI, A. (1943), CLAUS, C. (1863), GIESBRECHT, W. (1892, '96), SCOTT, A. (1902) 等の業績があり，北海及び北洋では CLAUS, C. (1863), SARS, G. O. (1903), BREEMEN, P. T. (1908), WITH, C. (1915), HENDERSON, G. T. and MARSHALL, N. B. (1948), FRIEDRICH, H. (1950) 等の夫々詳細な報告があり，各大洋に調査船を派遣して劃期的な調査を実施し，その成果も刮目すべきものが多い。一方本邦に於てはプランクトンの研究に着手したのは欧米に比して甚だ遅く，その業績の報告されたのは1900年以後であり，丸川 (1908) をもつて嚆矢とする。其後続々と研究報告が世に出た。即ち北太平洋のプランクトンに就いては，丸川 (1921)，相川 (1932, '33)，中井 (1952)，友楽 (1954, a, b) の報告があり，北海道近海及び津軽海峡の橈脚類に就いては，佐藤 (1913, '15, a, b, c)，丸川 (1921)，小久保 (1926)，元田，安楽 (1940, '51)，田村 (1951)，友楽 (1952, '54, c) 等の業績がある。相模湾及び伊豆近海では，田中 (1935, '36)，本城 (1952) の報告があり，朝鮮海峡では山田 (1933) の業績がある。更に内湾プランクトンに就いては山路 (1951, '52, '53) の報告があり，日本近海の橈脚類に就いては森 (1939) の業績がある。特に本邦では寒流系の北方海域での業績が多く，暖流系の南方海域の業績は甚だ少い。上記の夫々の研究業績は，主として橈脚類の形態上の特徴を記載したものか，或は分類学を基礎とした生態学的研究が多い。以上の業績を総合すれば甚だ広範囲に亘り，海洋浮游橈脚類を殆んど余すところなく記述したものと言えよう。今後の研究により更に新種が追加されようが，その分野は主として雌のみ記載され雄が未知のものか，深海性種及び汽水性即ち内湾沿岸種か，Gymnoplea では *Centropages* 属，*Pontella* 属，*Haloptilus* 属，Podoplea では *Sapphirina* 属，*Corycaeus* 属に開拓が期待されよう。然し新種の追求もさることながら，著者が既に本日水産学会誌(1953)に発表したように，*Euchaeta daitomarui* MORI は *Euch. russelli* FARRAN と，*Euchaeta ovata* SATO は *Euch. plana* MORI と Synonym（同物異名）であり，更に *Pachysoma dentatum* MORI は *Pachysoma punctatum* CLAUS と Synonym であるように現在の段階では，今迄発表された種には Synonym が多く，著者は寧ろ之等 Synonym の整理も必要があるものと思考する。

発生学的分野に於いては，GIESBRECHT, G. (1892), CLAUS, C. (1893) HEBERER, G. (1932), HERTWIG, R. (1931), MEISENHEIMER, J. (1921, '30) NICHOLLS, A. (1933, '35), WOLF, E. 等の研究業績が見られるが，本邦では此分野の業績は少く，唯花岡 (1939, '42) の報告が見られるに過ぎない。しかも之等の研究業績は淡水産か或は沿岸性の特定の種類に限られ，断片的のもので総合研究を試みたものはない。亦プランクトンの種の同定に際し，幼体プランクトンの研究業績がない為に幼体と成体の区別が出来ず，屢々種の混同を招来することがある。亦 *Acartia erythrea* の幼体を *Acartia spinicauda* とし，亦 *Calanus plumchrus* は *Calanus tonsus* の幼体であると論争されたこともあるが田中 (1956) は之を別種であることを確めた。

斯る見地から橈脚類の分類学的研究の基礎は発生学であることに思を致し，更に一歩竿頭を進めて橈脚類の生殖発生の実態を詳細に把握する必要を痛感し，本研究に着手したのが動機である。本研究に於いては更に橈脚類の分類学的研究，餌料プランクトンとして重要な位置を占める橈脚類と魚類との関係及び化学成分に就いても研究を進めた。

稿を草するに当り御懇切な御指導と御校閲の労を煩わした恩師犬飼哲夫博士，斎藤二郎博士に深甚の感謝の意を表するものである。

亦有益な助言と貴重な文献の貸与を賜つた小久保清治博士，元田茂博士，田中於菟彦博士，中井甚二郎氏，亦採集に協力された本所の石山礼蔵教授，高井徹講師，佐藤猛郎講師，高瀬増夫講師，角田精一助手，片岡昭吉助手，三木　衛氏，大洋漁業株式会社大洋研究所　川上猛雄氏，日魯漁業株式会社　広田英雄氏，出口利治氏，内水研　小林歌男氏，本所練習船俊鶻丸佐々木船長及び駒野船長を始め乗組員，学生諸氏，化学分析に協力された河内正通助手，ビキニ水爆調査に参加し危険をおかして採集し，貴重な資料を提供された前田辰昭講師，本研究の完成のために当り多大の協力を寄せられた鶴田新生講師，西川昇平氏，花田尚美氏に対し深く感謝の意を表する。

最後に本研究の費用は農林省の農林漁業技術試験費の補助金によつて行われたものである。茲に厚く感謝の意を表する。

第2章　採集及び研究方法

Chapter II. Sampling and Methods of Studies.

プランクトン，特に橈脚類の採集には常にミユラーガーゼ No. 5～No. 10に相当する採集網を使用した。プランクトン・ネットの網目の大きさに就いては，植物性プランクトンの集採には上記のネットでは網目が大き過ぎ，小形の硅藻類は散逸する恐れがあり不適当な場合もあるが，橈脚類の採集には比較的網目の粗いネットを使用した方が適当した。東支那海，黄海及び日本海での採集は底層から表層迄垂直採集を実施したので，場所により採集深度が異つたが，北太平洋（アリユーシヤン群島，ニアー島，アツツ島沖），太平洋（東北地方東方沖），中部太平洋（ギルバート島，フエニツクス諸島沖），印度洋（スマトラ，ジヤワ，ニコバル島沖），ビキニ海域，瀬戸内海（三田尻～姫島間）の採集では第1,2表に示す様に夫々深度を一定にし垂直採集を実施した。採集後プランクトンは直ちに5%ホルマリンで固定し，研究室で検鏡した。同定の容易でない種に就いては，ホロー・スライドにグリセリン液を注入し，観察し易い状態にして検鏡した。分類学的見地からすれば日本近海から採集した資料で，可成り多くの種を同定し得たし，暖流系，寒流系，温帯系の橈脚類を究明出来たが，熱帯性プランクトンを明らかにするためには，更に調査を南方水域に推進し，その分布，生態を追求する必要に迫られた。著者は初め遠洋性プランクトンの生殖発生は汽水プランクトンや淡水プランクトンと同様に簡単に解決出来るものと信じ，1947～1950年迄は専ら，その資料を日本近海に求めたが，仲々発生経過を明にすることが出来なかつた。これは橈脚類にも洄游魚と同様に夫々産卵生殖の適水域の存することを示唆するものと考え，橈脚類の生殖発生水域は南方水域であると推定し，採集時期は特に春季から夏期(1～7月)に選定する必要を認めた。従つてその海域を1953年に中部太平洋，1954年には印度洋及びビキニ環礁近海に求め採集を実施した。南方水域からの採集により，暖流系橈脚類の抱卵型式，発生経過を究明することが出来た。但し浮游性橈脚類の個々の発生様式に就いては，現在の人工飼育の困難な段階に於いては詳細な観察が出来なかつたので，狭塩性橈脚類の，*Eurytemora pacifica* に就いて主にその発生経過を追求した。橈脚類の生殖時期に採集を実施したことにより得た成果は，発生学的分野に新知見を加え亦，今日迄未記載であつた種の雌雄を観察する機会に恵まれたことである。これらの研究結果は生態学的見地からのみならず，分類学的研究の面からも重要な意義を有するものと信ずる。採集年月日及び採集場所は第1，2図．第1，2表に夫々記載した。東支那海，東海の調査海区は便宜上農林漁区で（第2図．第2表）示した。

Fig.1. Map showing the cruises of SHUNKOTSU-MARU

Table 1. The position and Date of the collections.

1. (St. 1—30, in the Pacific Ocean, off the eastern coast of Tohoku district).

Station No.	Position	Date	Depth of hauling (in meter)	Station No.	Position	Date	Depth of hauling (in meter)
1	42°30′ N, 144° E.	June 27,1950	50—0	16	35°40′ N, 144° E.	July 4,1950	50—0
2	42° N, 144° E.	〃	〃	17	35° N, 141°30′ E.	〃	〃
3	41°30′ N, 144° E.	〃	〃	18	41°45′ N, 141°30′ E.	〃	〃
4	41° N, 144° E.	〃	〃	19	41°30′ N, 142° E.	〃	〃
5	40°30′ N, 144° E.	〃	〃	20	41°30′ N, 142°30′ E.	〃	〃
6	40° N, 144° E.	〃	〃	21	41°30′ N, 142°30′ E.	5,1950	〃
7	39°30′ N, 144° E.	〃	〃	22	41°30′ N, 144°30′ E.	〃	〃
8	38°30′ N, 144° E.	〃	〃	23	41°30′ N, 145° E.	〃	〃
9	38°45′ N, 143°30′ E.	June 28,1950	〃	24	41°30′ N, 146° E.	6,1950	〃
10	39° N, 143° E.	〃	〃	25	41°30′ N, 146°30′ E.	〃	〃
11	39°25′ N, 142°30′ E.	July 1,1950	〃	26	41°30′ N, 147°30′ E.	〃	〃
12	38° N, 144° E.	〃	〃	27	41°55′ N, 146°50′ E.	〃	〃
13	37°30′ N, 144°05′ E.	July 2,1950	〃	28	42°30′ N, 146° E.	10,1950	〃
14	37° N, 144°10′ E.	〃	〃	29	42°45′ N, 145°30′ E.	〃	〃
15	36° N, 144°30′ E.	〃	〃	30	43° N, 145° E.	〃	〃

2. (St. 31～128, in the north Pacific Ocean, Aleutian, Near Is.).

31	50° N, 178°37′ E,	May 20,1952	150—0	56	51°49′ N, 168°15′ E.	June 29, '52	150—0
32	50°40′ N, 178°50′ E,	〃	〃	57	51°39′ N, 167°30′ E.	30, '52	〃
33	50°34′ N, 178°05′ E,	May 21,1952	〃	58	51°35′ N, 166°46′ E.	〃	〃
34	50°04′30″N, 177°05′10″ E,	23,1952	〃	59	51°53′ N, 166°49′ E.	〃	〃
35	50°50′ N, 177°27′ E,	29,1952	〃	60	52°03′ N, 167°48′ E.	July 1, '52	〃
36	50°44′ N, 177°33′ E,	31,1952	〃	61	51°57′50″N, 168°38′ E.	〃	〃
37	50°20′50″N, 178°03′ E,	June 1,1952	〃	62	51°57′50″N, 199°25′ E.	〃	〃
38	50°33′ N, 177°34′ E,	3,1952	〃	63	51°48′ N, 169°40′ E.	〃	〃
39	52°36′ N, 172°44′ E,	5,1952	〃	64	51°10′ N, 169°09′ E.	2, '52	〃
40	53°05′50″N, 173°14′ E,	6,1952	〃	65	10°6′30″ N, 173°32′ E.	5, '52	〃
41	53° N, 172° E,	〃	〃	66	51°08′ N, 166°04′ E.	9, '52	〃
42	51°48′ N, 174°21′ E,	7,1952	〃	67	51°32′ N, 164°57′ E.	10, '52	〃
43	51°30′ N, 176°15′ E,	〃	〃	68	51°31′ N, 163°57′ E.	11, '53	〃
44	50°58′ N, 176°32′ E,	June 8,1952	〃	69	50°58′ N, 164°00′ E.	〃	〃
45	51°02′ N, 177°15′ E,	11,1952	〃	70	50°28′ N, 164°00′ E.	12, '52	〃
46	51°04′50″N, 177°49′ E,	12,1952	〃	71	51°00′ N, 164°06′ E.	〃	〃
47	51°14′ N, 177°41′ E,	13,1952	〃	72	49°30′ N, 164°06′ E.	13, '52	〃
48	51°12′ N, 175°04′ E,	14,1952	〃	73	49°00′ N, 164°20′ E.	〃	〃
49	51°35′ N, 173°42′ E,	15,1952	〃	74	48°48′ N, 164°12′ E.	14, '52	〃
50	52°18′ N, 173° E,	16,1952	〃	75	48°39′ N, 163°50′ E.	15, '52	〃
51	51°40′ N, 173°23′50″ E,	25,1952	〃	76	51°03′50″N, 162°58′ E.	19, '52	〃
52	51°18′ N, 171°04′ E,	26,1952	〃	77	50°59′ N, 162°12′ E.	22, '52	〃
53	51°29′ N, 171°10′ E,	27,1952	〃	78	50°10′ N, 161°30′ E.	24, '52	〃
54	51°26′ N, 169°12′ E,	28,1952	〃	79	50°24′ N, 160°49′ E.	27, '52	〃
55	51°37′ N, 168°45′ E,	29,1952	〃	80	49°40′ N, 160°42′ E.	〃	〃

Station No.	Position	Date	Depth of hauling (in meter)	Station No.	Position	Date	Depth of hauling (in meter)
3. (St. 81—88, in the Middle Pacific Ocean, off Gilbert Is. Phaenix Is. Marshall archipelago).							
81	18° N, 165° E.	Jan. 25, '53	50—0	85	3°13′ S, 178°13′ W.	Mar. 1, '53	50—0
82	13° N, 174° E.	29, '53	〃	86	2°02′ S, 176°14′ W.	2, '53	〃
83	0°25′ S, 165°38′ W.	Feb. 21, '53	〃	87	1°48′ N, 174°24′ E.	3, '53	〃
84	3°28′ S, 170°29′ W.	23, '53	〃	88	1°38′ N, 173°57′ E.	4, '53	〃
4. (St. 89—101, in the Indo Ocean, off Andaman Is., Sumatra and Java).							
89	6°49′ N, 93°21′50″ E.	Dec. 12, '54	100—0	96	6°27′ S, 103°37′ E.	Jan. 8, '54	100—0
90	5°27′ N, 94°11′ E.	28, '54	〃	97	8°40′ S, 110°27′ E.	16, '54	〃
91	1°29′50′N, 96°25′50″ E.	29, '54	〃	98	9°12′ S, 116°19′ E.	18, '54	〃
92	1°28′50′N, 96°21′ E.	Jan. 2, '54	〃	99	9°29′50″S, 116°47′ E.	19, '54	〃
93	0°25′ N, 97°04′ E.	3, '54	〃	100	9°51′ S, 116°16′ E.	21, '54	〃
94	0°02′50″N, 97°13′50″ E.	4, '54	〃	101	9°11′ S, 115°17′ E.	22, '54	〃
95	0°30′ S, 97°38′ E.	5, '54	〃				
5. (St. 102—128, off Senzaki, off Tsushima.)							
102	34°20′ N, 130°50′ E.	March 4, 1953	110—0	116	34°50′ N, 129°45′ E.	1953	102—0
103	34°19′ N, 130°40′ E.	April 8, 〃	100—0	117	34°50′ N, 129°35′ E.	March 6, 1953	75—0
104	34°17′ N, 130°26′ E.	May 11, 〃	105—0	118	34°47′ N, 129°30′ E.	April 11, 〃	40—0
105	34°16′ N, 130°15′ E.	〃	109—0	119	34°42′ N, 129°25′ E.	May 11, 〃	40—0
106	34°17′ N, 130°07′ E.	〃	100—0	120	34°58′ N, 129°40′ E.	〃	105—0
107	34°23′ N, 129°56′ E.	〃	116—0	121	35°12′ N, 129°50′ E.	〃	120—0
108	34°29′ N, 129°46′ E.	〃	112—0	122	35°05′ N, 130°00′ E.	〃	120—0
109	34°33′ N, 129°35′ E.	〃	102—0	123	34°58′ N, 130°10′ E.	〃	122—0
110	34°39′ N, 129°30′ E.	March 6, 1953	40—0	124	34°52′ N, 130°20′ E.	〃	128—0
111	34°42′ N, 129°36′ E.	April 9, 〃	60—0	125	34°45′ N, 130°30′ E.	〃	100—0
112	34°44′ N, 129°44′ E.	May 11, 〃	80—0	126	34°38′ N, 130°40′ E.	〃	114—0
113	34°51′ N, 129°53′ E.	〃	103—0	127	34°32′ N, 130°50′ E.	〃	32—0
114	34°50′ N, 130°05′ E.	〃	115—0	128	34°27′ N, 130°57′ E.	〃	85—0
115	34°50′ N, 129°53′ E.	〃	100—0				
6. (St. 129—132, Inland Sea of Japan, off Mitajiri.).							
129	33°56′36″N, 131°34′12″ E.	March 1952 —June 1953	20—0	131	33°49′36″N, 131°37′48″ E.	March 1952 —June 1953	20—0
130	33°53′12″N, 131°30′48″ E.	〃	〃	132	33°44′54″N, 131°41′18″ E.	〃	〃
7. (St. 133—162, in the Middle Pacific Ocean, off Bikini Reef).							
133	23°58′ N, 154°40′ E.	May 21, 1954	30—0	142	3°01′ N, 171°59′ E.	June 4, 1954	30—0
134	21°55′ N, 160°00′ E.	22, 〃		143	2°21′ N, 169°56′ E.	6, 〃	
135	19°53′ N, 161°00′ E.	24, 〃		144	1°15′ N, 168°05′ E.	7, 〃	
136	18°12′ N, 169°43′ E.	29, 〃		145	1°04′ N, 165°47′ E.	8, 〃	
137	16°02′ N, 171°50′ E.	30, 〃		146	3°55′ N, 163°52′ E.	9, 〃	
138	13°51′ N, 172°56′ E.	31, 〃		147	5°44′ N, 163°58′ E.	10, 〃	
139	10°14′ N, 173°02′ E.	June 1, 1954	〃	148	8°43′ N, 164°01′ E.	11, 〃	
140	8°02′ N, 173°02′ E.	2, 〃		149	10°55′ N, 163°51′ E.	12, 〃	
141	5°04′ N, 172°59′ E.	3, 〃		150	13°23′ N, 164°25′ E.	13, 〃	

Station No.	Position		Date	Depth of hauling (in meter)	Station No.	Position		Date	Depth of hauling (in meter)
151	15°57′ N,	165°22′ E.	June 14, 1954	30—0	157	8°59′ N,	152°51′ E.	June 〃 1954	30—0
152	15°03′ N,	163°15′ E.	19, 〃		158	12°00′ N,	151°10′ E.	27, 〃	
153	12°42′ N,	161°26′ E.	20, 〃		159	14°46′ N,	149°56′ E.	28, 〃	
154	11°06′ N,	161°13′ E.	21, 〃		160	18°00′ N,	159°39′ E.	29, 〃	
155	5°03′ N,	155°53′ E.	23, 〃		162	21°00′ N,	147°21′ E.	〃 〃	
156	3°24′ N,	155°34′ E.	24, 〃						

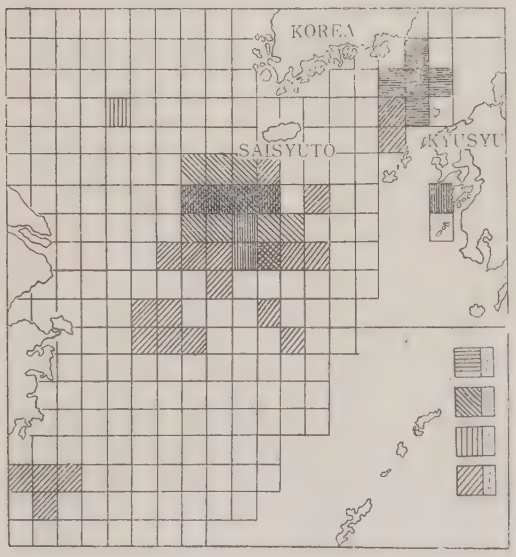


Fig. 2. Map showing the collecting stations at East China Sea.

Table 2. Investigation period and Fishing ground.

Investigation period	Fishing ground
Feb. 2, 1948	333
Apr. 20—28, 1948	576, 567, 566
May 31, 1945	511
June 9, 1948	224
Oct. 22—24, 1948	285, 286
Nov. 22, 1948	295
Dec. 2, 1948	296

Investigation period	Fishing ground
April 8—10, 1949	256, 275, 286, 296, 306, 318 308, 278, 268, 258
June 3—18, 1949	461, 556, 501, 511, 320, 521 280, 330, 278, 268, 258
Oct. 3—31, 1949	286, 277, 278, 267, 297, 307
Nov. 1— 2, 1948	296, 286
Dec. 12—18, 1948	296, 295, 305
Jan. 9—21, 1950	206
Jan. 23—25, 1950	288, 287, 286, 276
March 16—17, 1950	296, 306
April 1— 3, 1950	296, 306
April 11—14, 1950	278, 308, 299
July 12—15, 1950	306
Aug. 26—29, 1950	222
Sept. 4— 9, 1950	212, 211, 202, 213

第3章　発生に関する研究

Chapter III. Studies on the Development of the Copepoda.

I. 序　　説

受精卵が体外に出ると卵嚢中に数個或は数10個貯へられ，孵化するまで雌によつて携行されるものと，個々に或は数個の塊となつて産み出されるものとがある。

Gymnoplea のものは多くは産み落すが，*Euchaeta*, *Eurytemora*, *Diaptomus*, *Pseudodiaptomus* 等の様に1個或は2個の卵嚢に入れて携行するものも知られている。Podoplea は総て1個又は2個の卵嚢を携えるとされ，CAMPBELL (1934) はGymnopleaの *Calanus tonsus* の卵は単に水中に産出され上層に漂うものがあるとし，亦MEISENHEIMER (1921) は *Hetercope* では個々に，又は塊つて膠物質に包まれて水中に放出され後水底に沈むとし，MARTIN, W. J. は *Tortanus discaudatus* の卵は浮游するために円盤状の嚢に入つていることを報告した。Podoplea の *Cyclopidae* は雌の生殖孔は左右に存在し，卵嚢は2個である。亦背面にあるものも知られている。*Harpacticidae* では腹面中央線近くに1個或は2個の生殖孔が接近して存在し，卵嚢は *Canthocamptus* では2個で他は総て1個であるとされた。*Isokerendria* (*Oncaecidae*. *Corycaeidae*) は共に雌の生殖孔は背面にあり，卵嚢は2個で背面に携行するとされた。卵嚢の大きさは個々の種類により異なり，親の大きさに比例し，卵の数により，親の年令により，又栄養状態により大々異ることが知られている。亦左右の卵嚢の大きさの異るものも稀でないと報告されている。

橈脚類の抱卵型式については，上記の様に従来の報告では1個，或は2個の卵嚢を生殖孔に附着させるに過ぎないとされ，その報告も極く限られた種についてであるが，著者は生殖期に卵嚢を形成しないものでは，放出のほかに特殊な抱卵型式をとるに違いないことに思を致し，多くの資料についてその型式の追求を試みた。供試資料は春季から夏季に亘り南方水域から採集したものについて観察し，抱卵型式に新しい知見を加へた。

II. 抱　卵　型　式

抱卵型式は卵，或は卵嚢の携行法により次の様に分つことが出来よう。

A. 卵又は卵嚢を体外に附着させめるもの。

1. 卵嚢1個を携行するもの

2. 卵嚢2個を携行するもの。

3. 卵を腹部胸肢に携行するもの。

B. 卵を体内に携行するもの。

1. 子宮或は輸卵管内に卵を蔵し，生殖孔から放出するもの。

A. 1. 卵嚢1個携行するもの（第3図，4図A）.

この型式をとるものは *Euchaeta*, *Eurytemora*, *Clausocalanus* などのGymnoplea及び Podoplea では *Euterpe*, *Tisbe*, *Microsetella*, *Pachysoma*, *Corycaeus*

(*Corycaeus japonicus* を除く) 属に観察され，比較的大型プランクトンに属するものに多く見られた。即ち著者の観察した種には *Euchaeta marina, Euch. flava ,Euch. wolfendeni, Eurytemora pacifica, Eury. herdmani, Clausocalanus pergens, Corycaeus longistyris, Cory. lautus, Cory. catus, Euterpe acutifrons, Microsetella rosea, Mic. norvegica, Tisbe insfera, Pachysoma dentatum* 等であつた。

2' 卵嚢2個を携行するもの（第4図，C.D，第5図）.

この型式は Gymnoplea ではただ *Euchirella* 属のみに観察され， Podoplea では *Oithona, Setella, Miracia, Oncaea, Copilia, Sapphirina* 属などに見られ，一般に大型の *Sapphirina* 属を除いては何れも小型プランクトンに属するものが多い。携行する卵嚢の大きさも亦卵嚢1個の場合に比較すれば小形である。観察した種は *Oithona plumifera, Oit. similis, Oit. nana, Oncaea venusta, Onc. conifera, Onc. media, Copilia mirabilis, Sapphirina stellata, Sap. nigromaculata, Setella gracilis, Miracia efferata* 等であつた。

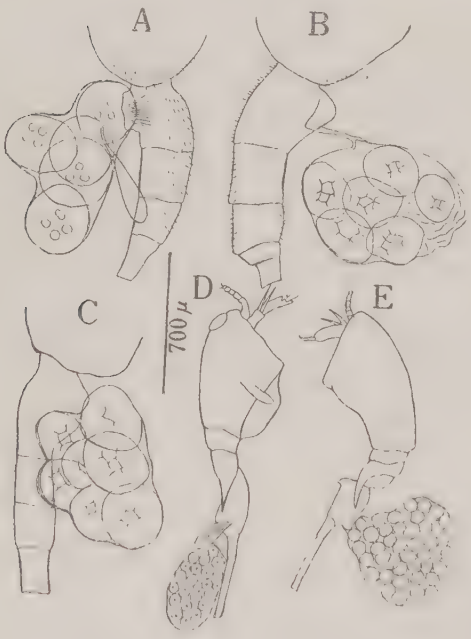


Fig. 3. Egg-sacs of Copepods.
A. *Euchaeta wolfendeni.*
B. *Euchaeta marina.*
C. *Euchaeta flava.*
D. *Corycaeus longistyris.*
E. *Corycaeus latus.*

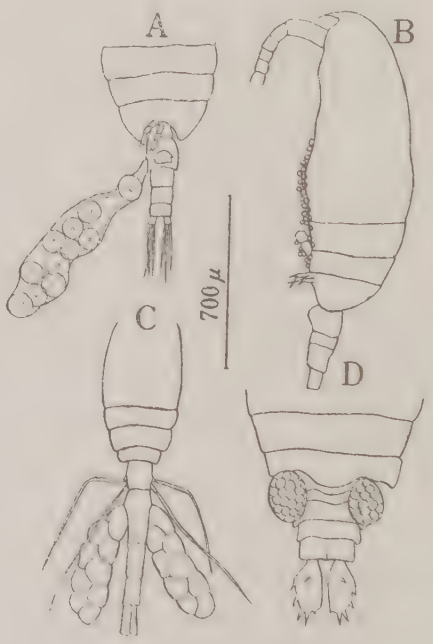


Fig. 4. Egg-sacs of Copepods.
A. *Clausocalanus pergens.*
B. *Paracalanus parvus.*
C. *Oithona pulmifera.*
D. *Sapphirina stellata.*

3. 卵を腹部胸肢に携行するもの（第4図B，第6図）.

この型に属するものは卵嚢を携行することなく，個々の卵を腹部胸肢に附着させるもので，その例は甚だ少く，著者の観察したものでは *Corycaeus japonicus, Paracalanus*

parvus, *Paracal. aculeatus* 等であつた。この卵は粘着性卵で腹部，特に第五胸肢基部に附着するか，或は第一胸節から最後胸節の腹部に纏絡する。この卵の多くは楕円形で小形卵が多く，*Corycaeus japonicus* では長径 25～35μ，短径 20～25μ であるが，*Paracalanus parvus* の様に円形を呈するものもある。斯る型式は，*Paracalanus* 属に見られる様に，第一胸肢より，第四胸肢の外葉，内葉共その表面，或は外縁に多くの突起又は棘毛を有するものに観察される特異性がある。

上述した様に卵或は卵嚢を体外に附着して携行するものでは，橈脚類の浮游力に就いて考慮すれば，一般に卵嚢の附着は仮令浮性卵の場合でも，運動及び浮游力を甚だしく制限することが考えられるから，卵或は卵嚢を出来得る限り小形にし，その重量を軽減せしめる要求が生ずるわけである。更に橈脚類の卵が沈性卵の場合には特に卵嚢の大きさ及び重量が游泳力に大きい影響を与えるから，必然的に游泳に適した大きさの卵或は卵嚢を夫々有することになる。従つて卵或は卵嚢は極力小形に，しかもそれらの重量に自ら制限を要する為，上記の種の卵或は卵嚢は夫等の保有し得る最大許容量と見做れよう。亦卵嚢中の卵は子宮及び輸卵管から排出された強靱な卵嚢膜に覆はれ，ゼラチン状物質から成り，容易に破壊されることはない。卵嚢から生殖節に連絡する精子の通る管も亦柔軟性があり，容易に生殖孔から離脱することはない。ホルマリンで固定した標本でも永く生殖孔に卵嚢を附着したまま存することは良く観察されるところである。特に *Euchaeta marina*, *Oncaea venusta* 等の卵嚢膜は強靱である。

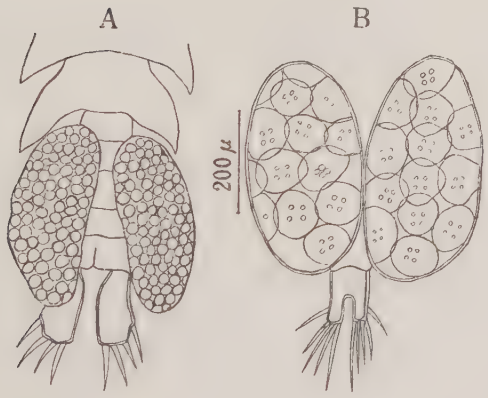


Fig. 5. Egg-sac.
A. *Sapphirina stellata.*
B. *Oncaea media.*

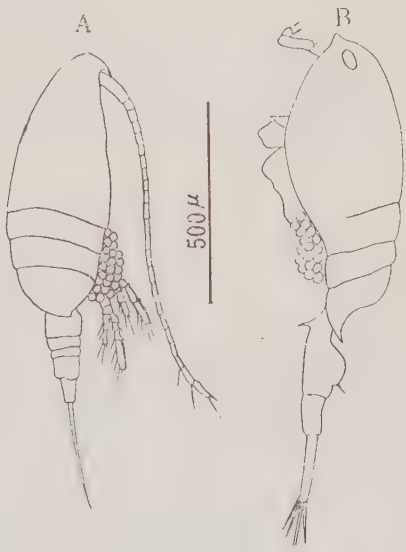


Fig. 6. Showing the eggs with feets.
A. *Paracalanus aculeatus.*
B. *Corycaeus japonicus.*

B. 1. 子宮或は輸卵管内に卵を蔵し生殖孔から放出するもの（第7図）.

この型は Gymnoplea では *Calanus* 属に見られ，即ち *Cal. vulgaris*, *Cal. darwinii*, *Cal. minor*, *Cal. gracilis*, *Cal. robustior*, *Cal. helgolandicus*

等，*Eucalanus* 属では *Eucal. subcrassus*, *Eucal. attenuatus*, *Pleuromamma* 属では *Pl. xiphias*, *Pl. gracilis*, *Pl. abdominalis* 等，*Gaetanus* 属では *Gaet. armiger*, *Acrocalanus* 属では *Acro. gracilis*, Podoplea では *Sapphirina metallina*, *Sap. gemma*, *Clytemnestra scutellata*, *Cly. rostrata* に見られるもので，卵嚢を携行することなく，広く胸部に発達した子宮及び輸卵管内に蔵せられる。概してこの型の卵は小形で，多数であるのが特徴で，産卵期のものでは，体内は殆んど多数の卵で占められ，体内の消化器管は認められぬ程，卵が充満する。卵は輸卵管を通過し，貯精嚢或は精嚢から精子を受け，受精し，卵嚢を形成することなく，発生初期に体外に放下される。

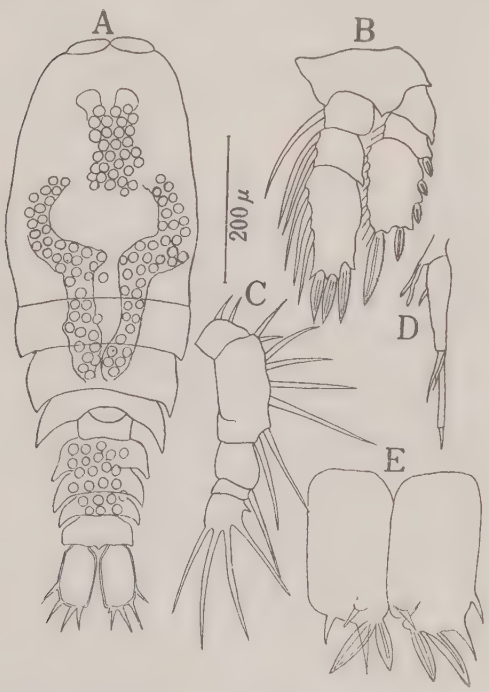


Fig. 7. *Sapphirina metallina*.
A. Female, dorsal view. B. Female, 2nd foot.
C. Female, 1st antenna. D. Female, 2nd antenna.
E. Female, furcal setae.

上述の様に体内諸部に蔵卵されるものは一般に小形卵で，何れも Nauplius stage まで成育することなく，極く発生初期に体外に個々に放下される。これも橈脚類の浮游生活えの適応現象と見做される。

III. 抱卵数に就いて

1. 既往の業績

体内に於ける卵数に就いては CAMPBELL が *Calanus tonsus* で 200 余有するとし，花岡 (1939) は *Tigriopus japonicus* では 1 尾の雌から発生するものは 150 内外とし，卵嚢中の卵数も区々であるとした。WOLF, E. は同種でも棲息場所で大差あり，淡水では卵嚢中の卵数は棲息する水域の大きさに反比例するとした。EKMAN, E. は *Cyclops strenuus* は北方では多く，南方では少いとし WESENBERG-LUND は又時期により数を異にするものもあるとした。亦水温高く水の比重が小さい場合には卵数は減じ，又淡水産の橈脚類に比較して海産のものは多数の卵を含む卵嚢を携行するとした。亦卵数の異同は栄養不足を原因としたもの，浮游能力と関係づけようとしたものもある。著者は多くの資料について，抱卵数を調査し併せて考察を試みた。

2. 研究結果

A. 抱卵数と卵径

今橈脚類の卵としては比較的大形卵に属する *Eurytemora pacifica* の卵径 100～200μ

を規準とし，これを中型卵とし，それ以上の200～300μのものを大型卵 100μ 以下のものを小型卵とすれば橈脚類の卵は次の様に分け得る（第3表）。

Table 3. Incubiation egg Nos. and Diameter

Type	Species	Diameter (in μ)	Nos. of egg	Species	Diameter (in μ)	Nos. of egg
Large egg type	*Euchacta marina*	300—350	3— 13	*Euch. flava*	220—260	6— 10
	Euch. wolfendeni	280—310	4— 6	*Eucalanus attenuatus*	200—310	20— 30
Middle egg type	*Pleuromamma abdominalis*	150—200	20— 30	*Eucal. mucronatus*	140—160	10— 20
				Eurytemora pacifica	120—200	10— 20
	Calanus darwinii	150—200	20— 30	*Corycaeus flaccus*	100—170	20— 30
	Gaetanus armiger	140—200	20— 30	*Cory. latus*	100—140	50— 60
	Pleuromamma xiphias	140—200	30— 40	*Calanus gracilis*	100—170	50— 70
	Calanus helgolandicus	140—170	30— 50	*Pseudocalanus marinus*	100—140	35— 50
	Cal. tenuicornis	140—170	20— 30	*Haloptilus ornatus*	100—140	5— 10
	Cal. minor	140—200	20— 30	*Acrocalanus gibber*	100—120	40— 50
	Cal. vulgaris	140—170	20— 40	*Pseudodiaptomus marinus*	100—120	35— 50
	Eucalanus subcrassus	140—200	30— 50			
Small egg type	*Calanus robustior*	80—100	40— 60	*Sapphirina stellata*	50— 70	40— 50
	Clausocalanus arcuicornis	80—100	5— 10	*Paracalanus aculeatus*	50— 70	25— 40
				Oncaea media	50— 70	25— 40
	Corycaeus speciosus	70—100	70— 90	*Setella gracilis*	50— 60	3
	Sapphirina intestina	70—100	80—100	*Miracia efferata*	50— 60	3
	Copilia mirabilis	70—100	80—100	*Sapphirina metallina*	40— 70	100—150
	Pleuromamma gracilis	70—100	40— 60	*Corycaeus gibbulus*	40— 60	20— 30
	Clausocalanus pergens	70— 90	10— 15	*Oncaea venusta*	40— 60	60—100
	Microsetella norvegica	70— 80	5— 10	*On. conifera*	40— 70	15— 30
	Euterpe acutifrons	60— 80	6— 10	*Microsetella rosea*	40— 60	4— 6
	Sapphirina nigromaculata	60— 80	30— 40	*Tortanus forcipatus*	40— 50	8— 10
				Haloptilus longicornis	40— 60	40— 50
	Corycaeus japonicus	60— 80	30— 50	*Paracalanus parvus*	20— 40	10— 20
	Lucicutia flavicornis	60— 70	50— 60	*Sapphirina gemma*	20— 40	100—200
	Corycaeus longistylis	60— 70	40— 60	*Acartia neligens*	20— 40	50—100
	Oithona plumifera	50—100	18— 20	*Centropages violaceus*	10— 20	20— 30
	Corycaeus catus	50— 90	16— 20	*Clytemnestra rostrata*	8— 15	20— 30
	Oithona similis	50— 70	20— 30			

上表から一般に大型プランクトンの卵嚢中の卵は大型卵に属し且つ少数であり，体内に抱卵するものでは小型卵で且つ数は多い。亦多くの Podoplea は小型卵で，多数の卵を有すると云えよう。橈脚類の卵の性状についての研究がないので軽々しく論ずることは注意を要するが，橈脚類の卵それ自体は小型で，*Euchaeta* 属の様な比較的大型卵に属するものでも，その卵径が200～300μ位で，ミユラーガーゼの網目の粗い採集網を使用して採集した場合では，卵は網目から濾過することも考慮されるが，ミユラーガーゼの網目の細い No. 20～25 該当のネットを使用しても橈脚類の卵のみ採集されたことは始んどないことから，橈脚類の卵は魚卵と同様に純粋の浮游性卵のみでなく，半浮游性卵或は中には沈性卵も存在する可能性があるものと推察される。

B. 抱卵数の考察

抱卵数に関して STEUER, A. (1910) は淡水産橈脚類について，動物性プランクトンでは浮游力を高める必要上1回の産卵数が少いことと，環境の支配を受けて季節的並に地理的変異を生ずることを指摘した。亦 ZSCHOKKE, F. は海水の比重が高い寒海や又冬季よりも比重の低い暖海の夏季には抱卵数が少く，産卵期が寒海で短く，暖海で長いのは卵数の多寡を補塡する必要があるとし，BOGOROV, B. G. は産卵回数も低緯度海区程多く，高緯度で減少するのも上述の理由であるとした。STROMER, L. は斯る特性は種的特性でなく，浮游生活への適応であるとした。

著者は暖流系橈脚類の中抱卵数の多いもの例へば，*Sapphirina metallina* (100～150個)，*Copilia mirabilis* (80～100個)，*Lucicutia flavicornis* (50～60個)，*Oncaea venusta* (60～100個) の様なものもあり，反対に同じ暖流系のものでも *Euchaeta marina* (6～10個)，*Euch. flava* (4～6個)，*Euch. wolfendeni* (3～13個)，*Eurytemora pacifica* (10～20個)，*Miracia efferata* (3個) の様に抱卵数の少いものもあることから，STEUER, A. や ZSCHOKKE, F., BOGOROV, B. G. の説には頷けない。著者は寧ろ STROMER, L. の適応説を支持するものである。亦海産橈脚類は淡水産橈脚類と異なり，分布上の観点からすれば陸水と海洋の場合後者は遙かに分布上の制約を受け，環境により寒流系，暖流系と明瞭に夫々適棲息水域を有するから，高緯度，或は低緯度による同一種についての生殖現象，抱卵状態を観察することの出来る種が少いことと，仮令 Cosmopolitan の種があつても，水塊が異るところでは生殖が同時に同様に行はれることがないから，淡水産の橈脚類と同一に論ずることは出来ない。

IV. 生　殖　器　官

1. 既往の業績

橈脚類の生殖器官に就ての研究報告は CLAUS, C. (1863)，GRUBER, A., HEBERER, G. (1932) の詳細な研究があり，特に *Calanoid* Copepoda についてよく研究されている。それらの報告を総合すれば雌の卵巣は常に対をなし，1個の胚腺，1対の輸卵管及び対又は単一の接合腺があり，之は同時に受精嚢となる。生殖孔は第一腹節に開き腹面中央線近くにあるものが多い。然し中には *Corycaeus*, *Acartia* 属の様に背面に開くものがあり，時には側面に開くものもある。一般には2個であるが，左右合一して1個の場合も知られている。接合腺は短かい管で外界に連り一般に1孔として腹面中央に精嚢授受の際之が結着する位置に開口していて，之は卵嚢形成物質を分泌する。なほこの開口の前方に附属物があり，之は精虫を取入れる際，莢となり，又卵嚢形成の際にも関与すると云はれている。精虫は雌の生殖孔に直接入るのではなく，この開口を通じて入るのであるとされた。

Copepoda の生殖孔は次の様に大別されよう。*Calanus* 属の開口は1で，*Euchaeta* 属は左右の嚢は別々の作用をなし，左は貯精嚢になり，右は卵嚢物質を分泌する。*Corycaeus* 属は背部にある生殖孔の間に開口し，*Pachysoma* 属では接合腺は大きな袋状をなし前体部の中にまで伸びる。*Harpactid* の精嚢は第二腹節の中央にある開口部に附着せられ，この上部に接合腺があり，*Sapphirina* では生殖孔の内縁に2の斜の小溝で結ばれた腺がある。

雄の生殖器は精巣で対又は単一の輸精管及び精嚢室よりなる。*Cyclops*, *Corycaeid*, 多

くの *Peltid* 及び二三の *Harpactid* は対の輸精管を有する。

HEBERER, G. (1932) によれば *Calanoid* Copepoda に就いては中心質分泌部 (Vas deferense) は精虫と共に精嚢中に入る物質を分泌し，貯精嚢は精嚢を作る嚢物質を分泌すると報告されている。嚢頸形成部は *Calanoid* 及び *Harpactid* 特有の器官で精嚢が雌の腹部に粘着する為めの紐状物或は粘液を分泌し，又精嚢の頸部を作る。精嚢室は分泌物に富み，この分泌物は貯精嚢から押出されて来た精嚢の内部に滲透する。之等精嚢内に入る種々の分泌物は雌体に精嚢が粘着する為及び精虫の精嚢脱出の為めに重要な役をなすと云はれる。科或は属で少しづつ異なつてはいるが，*Calanidae*, *Candaciidae*, *Temoridae*, 及び *Diaptomidae* は基本型と見做され，この変型としては貯精嚢或は精嚢室の変形せるものに *Anomalocera* があり，中心質分泌部の退化せるものに *Acartia*, 嚢頸形成部の形及び作用の変化せるものに *Centropagidae*, *Pontellidae*, *Metriidae*, *Acartidae*, *Lucicutiidae* 等があると報告され，嚢頸形成部は簡単な粘液腺から非常に複雑なものに迄分化して雌の腹部に附着するのに役立つ種々の構造の精嚢附着器を作るとされる。著者は特に精嚢の形態，性状について研究を進めた。

2. 精　　嚢

精嚢の形態について既往の報告は2，3あり，それによれば *Calanoid* では特に長く且つ多少細長い頸部があり，頸部は時に非常に長く，*Leucartia* では雌の腹部に二重に巻き付き，*Euchaeta* では頸部は棍棒状に長くなつているとされる。*Cyclopid*, *Peltid*, *Corycaeid* では短卵形で細くなつた頸部がなく，*Harpacticoid* の *Tigriopus* では極く小形で雄の生殖節の長さに達しないとされ，又 *Canthocamptus minutus* では極小形であるに反し，*C. staphylius* では大形でサーベル状に曲つている様に，極く近縁のものの形が非常に違ふこともあるとされる。精嚢は長い嚢状又は三日月形銚子形を呈し，内に精子を充満し，長いか或は短かい輸精管を有する。一般に Gymnoplea では長い輸精管を有し，Podoplea は短い輸精管を有する。調査した橈脚類の精嚢の大きさを示すと第4表のようである。即ち精嚢の最長は *Rhincalanus cornutus* の 1400μ で，亦最短は *Candacia* 属で *Candacia simplex* の 60μ であつた，近縁種でも精嚢の長さは一定せず，種々の中間型のあることを示している

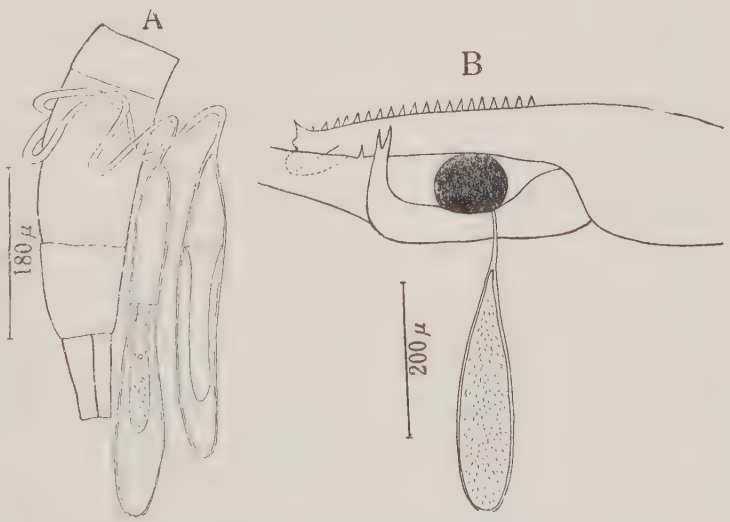


Fig. 8. Spermatophore of Copepods.
A. *Eurytemora pacifica* with spermatophor.
B. *Euchaeta marina*, 5th foot with spermatophor.

が，一般に大形の橈脚類は長い精嚢を有し，小形のものは短い精嚢を有している（第8，9図）。

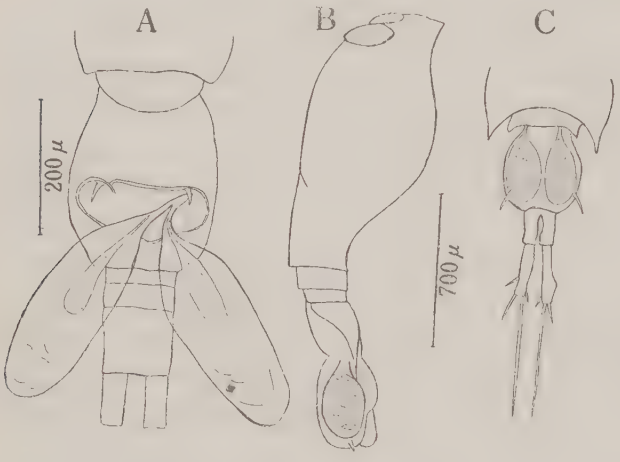


Fig. 9. Genital organ of Copepoda, female.
A. *Oncaea venusta*, dorsal view.
B. *Corycaeus crassiusculus*, lateral view.
C. 〃 〃 , ventral view.

橈脚類の中には甚だしく長い輸精管を有するものがある。*Eurytemora pacifica* のそれは精嚢より遙かに長い。多くの橈脚類の輸精管は直接雌の生殖孔に開口するのが常であるが，本種では交尾後輸精管は直接雌の生殖孔に連絡するとは限らず，多くは胸節背側に附着し，卵巣或は輸卵管に連絡する。如何に輸精管が長くとも，その先端は必ず雌の生殖孔に開口するか或は背面の第二，第三胸節に輸精管を附け体内の卵巣に連絡せしめる。前者の例は *Calanus*

Table 4. Length of Spermatophore

Species		Average length (in μ)	Species		Average length (in μ)
Rhincalanus	*cornutus*	1,400	*Scolecithricella*	*abyssalis*	420
Candacia	*curta*	1,100	*Pleuromamma*	*gracilis*	400
Candacia	*truncata*	840	*Clausocalanus*	*arcuicornis*	375
Lucicutia	*ovalis*	770	*Eurytemora*	*pacifica*	370
Scolecithrix	*danae*	770	*Calanus*	*vulgaris*	370
Candacia	*aethiopica*	770	*Calanus*	*darwinii*	350
Calanus	*robustior*	730	*Scottocalanus*	*helenae*	330
Lucicutia	*flavicornis*	720	*Euchaeta*	*wolfendeni*	300
Heterorhabdus	*papilliger*	700	*Calanus*	*minor*	280
Labidocera	*pavo*	700	*Clausocalanus*	*pergens*	180
Tortanus	*forcipatus*	700	*Corycaeus*	*speciosus*	220
Centropages	*violaceus*	700	*Calocalanus*	*pavo*	200
Candacia	*bispinosa*	600	*Corycaeus*	*gibbulus*	200
Centropages	*furcatus*	580	*Corycaeus*	*flaccus*	200
Centropages	*elongatus*	560	*Corycaeus*	*longistylis*	200
Labidocera	*detruncata*	560	*Acrocalanus*	*monachus*	140
Euchirella	*amoena*	550	*Acartia*	*danae*	120
Temora	*discaudata*	450	*Labidocera*	*bipinnata*	80
Euchaeta	*flava*	450	*Candacia*	*simplex*	60
Euchaeta	*marina*	450	*Clytemnestra*	*rostrata*	60
Calanus	*helgolandicus*	440	*Oncaea*	*venusta*	170
Calanus	*vulgaris*	450	*Acartia*	*negligens*	120
Centropages	*calaninus*	420	*Acrocalanus*	*gibber*	110
Candacia	*catula*	420			

darwinii, Euchaeta marina, Candacia truncata 等の Gymnoplea に観察され，後者は *Calanus darwinii, Cal. plumchrus, Cal. minor* 等に見られた。精嚢が輸精管を通じ雌の生殖孔に附着すると，中の精子は受精の為め遂次射出され，射精を終つた精嚢は空になり，透明になるから，未射精嚢とは判然と区別出来る。受精終了後の空の精嚢は離脱することなく，卵嚢或は生殖孔に附着したまま残存する。同一個体の雌に多くの精嚢が附着する例は屢々観察されるところで，多いときは5～10個の精嚢が卵嚢或は雌の生殖孔の周囲に見られる。この場合でも精子は一斉に射出されることなく遂次放出され，附着した精嚢は総て受精に供せられ，従つて受精率が高められることとなろう。一般に輸精管の長さは雄の第五胸肢の発達した Gymnoplea では大で，第五胸肢の発達の悪いか或は退化した Podoplea では短小である。

V. 把握器に就いて

1．第一触角．*Isokerendria* (*Oncaeidae, Corycaeidae*) 以外の大多数のものは把握器として第一触角を用いる。多くは左右相称であるが，Gymnoplea の *Heterarthandria* は不相称である。そのうち *Centropagidae* では変形した把握触角の側と生殖孔のある側とは一致しているが，*Candaciidae* と *Pontellidae* では把握触角は共に右側に，又生殖孔はその反対側にある。且つ第五胸肢も右が変形して鋏になつているものが多い。他は総て左右相称で然もその形は雌に比し殆んど変りないものから色々の形を経て，甚だしく変形して雌と全く異つた形の把握専門器に至るまで種々の段階がある。一般に真表層性種の多くは浮游の為に長大であるが，底棲若しくは狭い場所 (Rock pool) に棲息するものでは左右とも把握器として発達したものが多い。2．第二触角．之は *Corycaeidae* で把握器として用ひられる。3．顎脚．之は *Isokerendia* (*Oncaeidae, Corycaeidae*) で用ひられる。4．第五游泳肢．精嚢が直接生殖孔から生殖孔え移される Podoplea では第五游泳肢は退化して居り，Gymnoplea では左右何れかが精嚢を挟んで運ぶ為めに鋏状になつているものが多く，又鋏になつていなくとも基部との間に，挟む為の附属物のあるものもある。しかし *Centropagidae* では一方が鋏になつているが，他方は鉤状で把握器になつている。又 *Calanidae* にも把握鉤を有するものが見られる。

VI. 把握の様式

花岡 (1939) は把握の様式について報告し，次の様に分けた。

A．第一触角を用ひるもの (Gymnoplea の全部，Podoplea の *Ampharthrandria*) にも更に次の様式があるとした。

1．一方の触角で叉肢刺毛を挟みつけるもの。2．両方の触角で叉肢刺毛を挟みつけるもの。3．後部游泳肢に巻きつけるもの。4．頭胸部或は腹部を背部より把握するもの。

1の例としては *Diaptomus gracilis* (MEISENHEIMER, J. 1921, '30) は雄は雌を把握し暫く泳ぎ廻つた後，静かに底に沈み，その間に雄は精嚢を出した第五脚の内外葉で之を挟み，次に体を一躍させて把握鉤になつている右第五脚で雌の生殖のあちこちを検査して正しい場所を見付けると精嚢を密着する。2は *Canthocamptus crassus* に見られ両触角で後方より叉肢刺毛を摑む。3の例は *Cyclopidae* の雄は雌の後部游泳肢（第4脚）を摑み，摑まれた雌は脚を高く上げると雄体は小さい為め，丁度生殖孔と生殖孔は接近して精嚢は授受される。4

は *Harpactid, Peltid* のものが行い，*Tigriopus* では成体の雄は未熟の雌を把握して数分乃至長きは数日に亘り共に泳ぎ廻はり，雌が最後の脱皮を行つて成体になる直前に精嚢が移行されるらしいとした。

B. 腮脚を用いるものは背部から雌の腹の附根を摑む，この様式を示すものは *Isokerendria* 族のものだけ (*Oncaea, Corycaiden*) で之等の雄の Maxilliped には強い筋肉と櫛状歯を有し，又雌の生殖孔は背部にあるのが特徴であるとした。

VII. 交　　尾

橈脚類の交尾についての記載は尠く，GOLDWISKI が *Diaptomus*, WOLF が *Canthocamptus crassus, Diaptomus gracilis, Cyclops fusus*, 花岡 (1939) は *Tigriopus japonicus*, GIESBRECHT は *Oncaea conifera* について夫々報告したに過ぎない。今迄の報告の多くは淡水産か或は沿岸性の橈脚類についてのみ行われたもので，室内で飼育容易の種について研究され，環境要因の変化に対して抵抗力の甚だ弱い遠洋性の橈脚類についての報告はない。遠洋性橈脚類の飼育は勿論，その交尾を観察することは仲々容易なことではない。著者が交尾を観察出来た種は *Microsetella rosea, Oncaea venusta* の二種に過ぎない (第 10 図)。GOLDWISKI に依れば *Diaptomus* は交尾の際，雄は第一触角で雌の叉肢刺毛を把握し，雌雄は互に体を逆にして交尾すると報じた。著者の観察した *Microsetella rosea* では雄の第一触角で雌の尾叉を把握し，雄は雌を後方から抱擁する。上海沖で採集した *Oncaea venusta* は前者とは異り，雌の体長は約980μ以上であるに反し雄は700μ以下で，雄は雌に比較すると遙かに小形で，交尾の際は第一触角を使用することなく，鎌状を呈した第二顎脚で雌の生殖節を後方より強固に把握している。一般に交尾のときには第一触角の長い [illegible] *Calanus, Euchaeta, Scottocalanus, Scaphocalanus, Scolecithricella* 属及び膝曲化した種類，即ち *Centropages, Pleuromamma, Haloptilus, Labidocera, Candacia, Pontellopsis, Pontellina, Oithona, Microsetella* 属などは雄の第一触角が交尾補助器官となり，第一触角の短い，例へば *Oncaea, Sapphirina, Corycaeus* 属の Podoplea では第二顎脚が交尾補助器官となるもののようである。著者の観察したものは僅か2種に過ぎないから軽々しく結論づけることは出来ないが，恐らく橈脚類の交尾法については更に異つた様式があるに違いないと推定される。交尾回数については NICHOLLS, FRASEL, 花岡 (1939) が2，3の種類について，雌は唯1回の交尾により多くの卵或は卵嚢を長時日に亘り次々と発生せしめることが証明されている。花岡 ('39) は亦 *Tigriopus japonicus* 及び *Idya furcata* では未熟のうちから雄と隔離した雌は仮令卵嚢を作つてもその卵は発生しないことを立証し，唯1回の交尾後5～9回卵嚢を作成し，その卵は総て通常に発育し，且各卵嚢中の雌雄比は略々一定であると

Fig. 10. Showing the Copulation of *Oncaea venusta*. 10×10

し，1回の交尾に依り総ての卵を受精し得ないときは残余の未受精卵は不発生に終るだろうとした。即ち雌の交尾回数はその生涯を通じ唯1回であるとし，Podoplea の *Harpacticidae* の雄は幾回も多数の雌を受精せしめ得るとした。著者は遠洋性橈脚類に於ては雄の交尾回数にも限度があると考えている。何故なれば雄の多くの精嚢は1回の交尾で雌に譲与されるし，且精嚢形成には長い期間を要するからである。

VIII. 精嚢移行の様式

精嚢が授受されるときは先ず雌の把握が行われるが，その把握様式は種類により千差万別で，雄の把握器の構造が種属で様々の変化のあることがらでも当然想像される。唯精嚢移行に関する様式に就いては Podoplea と Gymnoplea では大きな差があり，Gymnoplea の雄は雌の体の何れか一定の場所を把握触角或は第二触角，又は顎脚で把握し，第一触角の膨出部に精嚢を懸垂するか（*Pontella securifera*）又は第五脚で精嚢を摑み，雌の生殖孔に附着せしめるに反し，Podoplea の雄は雌を把握後生殖孔に押出された精嚢を直接雌の接合腺に附着せしめる。之は両者間の重大な相違である。Gymnoplea では更に精嚢移行様式に四の型式が認められる。第1型式は第五脚により雌の生殖孔に附着せしめる方法で多くの Gymnoplea に見られる。著者の観察したものには次のものがある。

Calanus 属……*Calanus darwinii, Cal. vulgaris, Cal.minor*
Euchaeta 属……*Euchaeta marina, Euch. flava, Euch. concinna, Euch. wolfendeni*
*Clausocalanus*属……*Clausocalanus arcuicornis, Clau. pergens*

第2の型式は精嚢を雌の背側（主として胸部第一，第二節の境界）に移行し，輸精管から卵巣内或は輸卵管内に注入せしめる方法で，この例は *Calanus* 属の *Calanus helgolandicus, Cal. minor, Cal. robustior, Cal. darwinii, Cal. plumchrus* に見られる。第3の型式は精嚢を雌の生殖孔及び背側の胸節第一，第二節間に附着させるもので，*Calanus darwinii, Cal. minor* に見られる。最後の第4型式は雌が生殖孔内に精嚢を収容するもので *Calanus tenuicornis* のように生殖孔の大きく膨出したものに見られる。以上の中最後の第4の型式は最も受精率の高いことが予想され，精嚢移行の進歩した型式と見做れよう。

IX. 受　　精

1. 既往の業績

HEBERER, G. は交尾の際に於ける雄の雌を把握する状態は非常に堅固で，雌は烈しく運動するが雄は決して離れない。その間精嚢は精嚢室及び射精管の従走筋により体外に押出され雌体に粘着せしめられるとし，この排出移行は極く短時間に行はれるとした。雌体に移つた精嚢からの精虫の脱出は次の機構によるとされる。即ち雄の精嚢室の生殖孔から遠い部分の壁から分泌され精嚢中に滲透した物質は精虫の膨化に対して抵抗力を与えるが，生殖孔に近い部分の壁からは膨化し易くなる物質が分泌され，斯くして部分的に透過性の異つた精嚢は外界に出ると後部の精虫は外囲の水が浸入して膨化する為め，出口に近い膨化せぬ精虫は精嚢から押し出されて雌体内に入り，精嚢が外界に出るとすぐ起るとした。淡水では非常に速かに膨張し，

海水ではずつと遅いことは滲透圧の差から容易に理解し得る。斯くして精虫は一旦受精嚢に貯えられた卵が輸卵管を経て生殖孔から外に出る時受精が行はれる。即ち橈脚類の受精は不完全な体内受精であると云えよう。精嚢の移行に際し，雄がその脚で精嚢を雌に運ぶ Gymnoplea に比し，Podoplea は生殖孔から生殖孔え直接之を移行さすから真の体内受精に一歩近づいたものと云えよう。

2. 研　究　結　果

橈脚類の雄の多くは精子を精嚢中に蔵するが，中には Podoplea の様に直接交尾により精子を雌の生殖孔内に注入するものとがある。時に大型橈脚類の Gymnoplea では多数の精嚢を体外に附着するが，之は前者の例で，小型の橈脚類の Podoplea の中特に第五胸肢の発達しないものは後者の例である。何れの場合でも精子は雌の生殖孔或は貯精嚢から逐次放射され，受精を完了する。受精は成熟した雌が卵を子宮から排出し卵嚢を形成するものでは，先ず卵嚢中に卵が形成されてから精嚢より精子が放出され受精する場合と，受精を了[illegible]形成される場合とがある。これは一に雄の交尾時期が決定要素となる。Gymnoplea のように精嚢を多数附着するものでも，亦 Podoplea のように直接精子或は精嚢を雌の生殖孔に注入するものでも，完全な受精が行われる。卵嚢を形成しない雌では，個々の卵は子宮より排卵され，貯精嚢から精子を受け，受精を終えた上，体外に放卵されるし，*Calanus darwinii*, *Cal. minor*, *Cal. plumchrus* のように体壁の背部に精嚢を附着し，直接精子を子宮に注入するものでは，受精を完了し間もなく体外に放卵される。何れにしても橈脚類の受精様式は他の水棲動物に比して受精率は高く，死卵となることは少いもののようである。次に受精率を支配する要因は雌雄比が問題であり，雌雄の成熟個体の出現率が高く，且雌雄が相半して出現することが受精を高めることになる。各水塊の優占種は夫々生殖発生に適した種と云えようし，採集を春季に実施すれば，個々の橈脚類の発生様式も次第に究明することが出来よう。各水塊には夫々優占種或は固有種が生存し，仮令沿岸水域に他の水塊の橈脚類が混在しても，此等の種類は何処ででも発生可能のものではなく，暖流系種は南方水域に，寒流系種は北方水域に，沿岸種は沿岸水域に夫々発生起源水域を有する。従つて潮流により運ばれ浮游する少数の橈脚類を除いては熱帯性プランクトンの発生を沿岸水域に求めても無駄であり，反対に温帯種の発生を水塊の異る処に之を求めても意味がない。

A. 受精の考察

橈脚類の受精方法については既述したが，これについては雌雄間に次の条件が考慮される。

1．雄が成熟し，雌が未成熟のとき。2．雌が成熟し，雄が未成熟のとき。3．雌雄共成熟個体のとき。

以上の三の場合が考えられるが，その中3の場合は他の一般動物と同様正常な受精が行われる。1の場合は精嚢を直接雌の生殖孔或は貯精嚢に注入し，雌の成熟を待つことが出来るし，事実 *Tigriopus japonicus* の成体の雄は未熟の雌を把握して，雌が最後の脱皮を行い成体になる直前に精嚢が移行されるのも観察されている。著者の観察したものに *Calanus tonsus* 及び *Pleuromamma xiphias* の幼体の背部に精嚢の移行されたものがある。2の場合は交尾の主導性は橈脚類に於いては雄が握るものと考えられるから，これは何等考慮の余地はなく受精は起らない。次に卵の受精率については卵が完熟することは論を俟たないが，卵が卵嚢中に蔵される場合は受精率が高く，仮令雌が先に成熟しても，生殖孔に長期間懸垂する

し，且精虫の寿命は長いことが知られているから，雄が遅く交尾しても受精は完遂される。亦卵嚢中の卵は数が比較的少く且形が大きいことなども受精率を高める原因にもなる。橈脚類では受精は総て体内受精で，他の水棲動物の様に体外受精を行うものより受精率は高く，従つて橈脚類は総て安全な様式で抱卵し，換言すれば進歩した受精様式と見做れる。

B. 受精の異常型

受精現象は成体の雌雄間に行われることは論を俟たないが，橈脚類中には屢々成熟した雄の背側に精嚢を移行したものが見受られる。ビキニ海域に於いて斯る例を観察したものに *Calanus darwinii*, *Cal. minor* があり，然も10個体以上も出現したことは特異性がある。これは恐らく偶然とも解されようが，亦一方生殖時期に相手の識別の不完全なことに原因するものとも解されよう。橈脚類に於いては一般に雌を把握する為めの第一触角の発育の悪い Podoplea は逆に非常によく発達したレンズ眼を有し例えば，レンズ眼1対を有するものに *Sapphirina* 属，*Corycaeus* 属，*Copilia* 属があり，レンズ眼2対を有するものに *Anomalocera ornata*, *Caligus thymmi* レンズ眼1対の外に吻眼，腹眼を夫々1個を有する *Pontella* 属があり，その他小眼，眼点或は退化するものなどもあり，視力にも種々段階があるが，これらのものには異常型は見られない。Gymnoplea では視力の発達した種は殆んど見られないで，精嚢移行の異常型が視力の発達の悪い *Calanus* 属に見られることは異性の選択性が視力に関係することを立証するものと考えられる。

X. 初期発生 (Early Development of Copepoda)

橈脚類の発生様式には二の型がある。その一は受精卵は卵嚢或は体内（子宮）より個々の卵が逐次体外に放出され，海中で発育生長するもの，この場合は体内で発生する段階は，多くは初期発生即ち Morula stage で，体外に放出される。その二は卵嚢内で発生が進捗し，Nauplius stage 迄雌の生殖孔に附着したまま発育し，Nauplius stage の個体は卵嚢から出て，直ちに游泳運動を開始する。前者の例は多くの Podoplea の小形の橈脚類に見られ，多数の小型卵を有する橈脚類のとる発生方式で，一般に多数の小型卵を有し，体内に卵を蔵する，所謂浮游力の弱い橈脚類のとる型式である。唯大型橈脚類の *Calanoid* Copepoda は浮游力が大なるにも拘はらず，発生初期に放出されることは特異の例である。後者の例は，中型，大型卵に見られる型式で，*Eurytemora pacifica*, *Euchaeta marina*, *Euch. wolfendeni*, *Euch. flava* 或は小型卵でも卵嚢1個～2個を有する *Oithona similis*, *Oith. plumifera*, *Oith. nana*, *Corycaeus* 属のある種に見られる。卵割に就いては HABERER, AMMA, SCHRADER, WEISCHI, E. の研究があり，何れも第5分裂の終りに幹細胞が生じ，第6分裂で内胚葉細胞と原始生殖細胞になるとし，又 MCCLENDEN は寄生橈脚類では幹細胞は第4分裂に出来ると報告した。

XI. 環境と生殖との関係

橈脚類の游泳力は他の運動力の大きな水棲動物特に魚類，被嚢類の *Oikopleura*, *Fritillaria*, 毛顎類の *Sagitta* 等と比較すれば甚だしく劣ることは明白である。従つて橈脚類はそれ自体の有する游泳力より遙かに潮流，波浪，風力等の物理的環境要因に支配されるところ

が多い。橈脚類に暖流性，寒流性の区別の存するのは，夫々適応した生活環境があるからで，夫々発生起源水域を有するからである。游泳力の弱い橈脚類が潮流，波浪に逆つて運動することは，静水や停滞水，潮流の緩慢な内湾等を別としても，殆んど考慮を要せず，即ち寒流性のものが暖流水塊に逸脱する場合，或はその反対が仮令あつても，斯る例は極く限定された広塩性種に見られるのみで，多くのものは斃死の運命にあるもので，一般には特定の分布区域内に維持されている。発生起源水塊で生殖発生を終了した橈脚類は，夫々潮流に搬出されるから，出現時期は自ら決つている。極く限定された種は狭塩性の水塊の固有種として棲息するが，それ以外のものは増殖に適応した環境を有する。暖流性のものは暖流水塊で，寒流性のものは寒流水塊で夫々生殖を行うから，逆にプランクトンの種類から特定の水塊の性状，勢力等を推定することが出来る。一般に暖海では橈脚類の生殖は1月から3月迄が最盛期で，之に次いで5，6月が盛んで生殖は7，8月迄続くから生殖期間は長いと云えよう。これは寒海に比して環境要因の変化即ち水温，気温，Salinity 等の変化が暖海では急激に起らないからで，生活も寒海程制限されることが少く，亦水塊によつて幼体から成体になる成長度に個体差を生じ，生殖時期のズレを来たし，長期間に亘り生殖が行われるものと思考される。何れにしても著者は多くの海産橈脚類の寿命については長くとも一年と見ているので，生殖が早期に行われることが必要となる。之に反して寒海の水温，気温の激しい変化を来たす水塊の橈脚類は多少の時期のズレはあつても，生殖時期は春季一斉に，しかも早期に起るものの様で，著者が北部太平洋から 4，5，6，7月に採集した資料からは少数の *Oithona similis* を除いては，抱卵したもの及び精嚢を有するものは1個体も発見出来得なかつたことから，これは恐らくは1月～3月間に既に生殖を完了したものと考えられ，亦調査時期には成体と，Nauplius stage, Copepodite stage のもののみ検出し得たことも，同様に生殖時期の終了を立証するものと見做れよう。BOGOROV, B. G は産卵回数は低緯度海区程多く，高緯度で減少するとし，亦 *Calanus finmarchicus* は1～2回産卵すると報告され，花岡は沿岸性の *Tigriopus japonicus* を飼育し数回産卵すると報告したが，著者は海産橈脚類特に遠洋性橈脚類では沿岸性のものと異り同一個体が何回も繰返し産卵することは自ら限度があるものと考える。何故なれば一度受精して卵嚢を形成した直後の橈脚類の子宮或は輸卵管内には卵を認めないし，亦受精卵が発育変態して成体となるまでは早いものでも，少くとも4ケ月或は半年を要することから，生殖時期の長いことは同一個体が幾度も受精を繰返すことを証明するのでなく，成長度の異る個体が順次に生殖を行う為めであると考えた方が妥当と思考する。遠洋性橈脚類の産卵回数については種々の報告があり一定せず，それらの報告は総て飼育実験によるものでなく推定であり，今後何等かの方法で之を確認せねばならず，今後に残された問題である。

XII. 産 卵 期

1. 既 往 の 業 績

花岡（1939）は橈脚類の産卵期について報告し，橈脚類は種類に依つて異るが一般に之を一定の産卵期を有する定期型と，年中休みなく繁殖する終年型とに分けた。定期型は更に之を二群即ち冬季型と表層型とに分け，冬季型は冷水乃至山岳湖等に見られる型で，秋季突然激増し冬中続くが，夏季は姿を見せないもので *Cyclops strenuus*, *Diaptomus vulgaris* 等がその例であるとした。次に表層型は顕著な生殖時期を示すもので，一般の浮游性種属は之に

属す。然し浮游性のものでは培養に成功したものが少く，又Nauplius の査定に就いての研究が少いため，産卵期が確実に知られたものは比較的少数である。*Calanus finmarchicus* は産卵期は場所でかなり異り，産卵も年1回のもの，2回のもの，更に多数のものがあると報告されている。

RUND は More 沖では越年した雌雄及び最後の Copepodite 期のものが，4～5月頃迄に産卵して死し，之等から生れたものは速かに成長して6月頃産卵するとした。産卵期に関する報告は猶 DANAS (Norway沿岸)，GRAN (Ireland)，CAMPBELL (Maine 湾) も大体産卵期は同様であるとした。之とは反対に NIGHOLLS (1933) は Clyde 海方面では2月に繁殖が始り，7月迄に三つの著しい産卵期があるとし，又 COLMAN はオーストラリヤの Queens land 沖では産卵は殆ど1ケ月の週期で繰り返すと報告している。その他の種で知られたものには *Calanus hyperboreus* 2～3月，*Calanus tonsus* 3月，*Rhincalanus cornutus* 8月，*R. gigas* 12～2月，*Pseudocalanus minutus* 7月，*Microcalanus pygmaeus* 3月と5～6月，*Euchaeta norvegica* 3月と6月，*Acartia clausi* 及び *A. longiremis* 3～4月と5月，*Tortanus discaudatus* 9～10月，*Oithona helgolandicus* 及び *O. apinirostris* 夏季，*Longipedia coronata*，*L. scotti* 及び *L. minor* 7～8月であるとした。終年型のものは小湖沼 (*Diaptomus*, *Cyclops* 等)，峡江 (*Metridia longa*)，砂や岩の上の水溜り (*Idya furcata*, *Tigriopus*) 或は深海 (*Euchaeta japonica*) の様に比較的小水域に棲息の限定されたものによく見られる。

STEUER, A. は産卵期の型は大体上記の様であるが，之は各種の生活状態に依り左右されているもので，同一種でも棲息場所により産卵期型を異にするものがあり，例えば *Cyclops strenuus* は山岳湖，小湖沼表層性のものがあり，夫々上記各型の産卵期を有するとした。然し今迄報告されたものは淡水産のものか或は沿岸性のものであり，遠洋性の報告は極めて少数である。著者は中部太平洋，印度洋，ビキニ水域等より得た遠洋性橈脚類に就いて次の様な生殖時期を夫々確認した。

2. 研 究 結 果

A. 生殖時期の判定

橈脚類の生殖時期に該当するものの判定には種々の解釈があろうが，著者は遠洋性浮游橈脚類に於いては次の場合に限り生殖該当種とした。

a. 雌

1. 卵嚢1個或は2個を生殖孔に携行するもの。2. 卵を子宮或は輸卵管に有するもの。3. 卵を附属肢に附着せしめたもの。4. 精嚢を生殖孔若くは体の背側に附着するもの。

b. 雄

1. 精嚢を体内に蔵するもの。2. 精嚢を第五胸肢に附着したもの。3. 精嚢を雄の生殖孔に有するもの。4. 精嚢を第一触角に附着したもの。

C. 交尾中のもの

著者は中部太平洋，東支那海，九州有明湾，印度洋，スンダ列島近海，ビキニ海域から夫々次のような生殖時期及び該当種を確めた。

B. 中部大平洋の生殖該当種

この調査は1953年1月より3月に亘り練習船俊鶻丸が採集したプランクトン中，次の11属16

種が生殖該当種として出現した。

Calanus 属……*Calanus darwinii*
Euchaeta 属……*Euchaeta marina, Euch. wolfendeni, Euch. flava*
Clausocalanus 属……*Clausocalanus pergens*
Scolecithrix 属……*Scolecithrix danae*
Centropages 属……*Centropages violaceus*
Lucicutia 属……*Lucicutia flavicornis*
Clytemnestra 属……*Clytemnestra scutellata*
Candacia 属……*Candacia simplex, Cand. truncata, Cand. catula*
Sapphirina 属……*Sapphirina metallina, Sap. stellata*
Oncaea 属……*Oncaea venusta*
Corycaeus 属……*Corycaeus gibbulus*

東支那海，上海沖では4属5種即ち *Paracalanus parvus, Clytemnestra rostrata, Corycaeus japonicus, Cory. longistylis, Oncaea venusta* が出現し，7月末から8月初旬の資料に少数検出された。

C．有明湾の生殖該当種

有明湾に於ける橈脚類の調査は1953年6月から1954年9月に亘つて周年変化を研究したが，極く限られた少数のものが見られたに過ぎない。即ち次の6属8種が生殖該当種として挙げられる。

1953 (Nobember).

Corycaeus japonicus, Oithona nana, Tortanus forcipatus, Labidocera bipinnata

1954 (April).

Oithona nana, Pseudodiaptomus marinus, Oithona similis, Corycaeus japonicus, Cory. speciosus, Microsetella norvegica

以上の種は何れも沿岸性のもので，有明湾では生殖を二回行うものに *Oithona nana Corycaeus japonicus* の2種があり，其他は年に1回の生殖期を有する種である。

下関漁港の *Eurytemora pacifica* では1月から抱卵個体が出現し，2，3月は生殖時期の旺盛な期間で，その後漸次減少したが6月，7月にも若干観察された。

D．印度洋スンダ列島近海の生殖該当種

この調査は1953年12月から1954年1月に亘り練習船俊鶻丸によつて採集したプランクトンで，次の11属19種が生殖該当種として挙げられる。

Euchaeta 属……*Euchaeta marina, Euch. wolfendeni, Euch. concinna*
Calanus 属……*Calanus darwinii, Cal. vulgaris, Cal. helgolandicus*
Haloptilus 属……*Haloptilus longicornis*
Centropages 属……*Centropages furcatus, Cent. longicornis*
Scolecithrix 属……*Scolecithrix danae*
Candacia 属……*Candacia truncata, Cand. bispinosa*
Setella 属……*Setella gracilis*
Miracia 属……*Miracia efferata*

Corycaeus 属……*Corycaeus gibbulus, Cory. catus, Cory. crassiusculus*
Sapphirina 属 ……*Sapphirina stellata*
Oncaea 属 ……*Oncaea venusta*

E．ビキニ海域の生殖該当種

この海域の調査は1954年5月から6月に亘り練習船俊鶻丸が水爆被害調査を実施した際，採集したプランクトンを対照としたもので，137種の多数の橈脚類が出現し，その中生殖期に該当している種が19属39種に及んだことは驚異に値する。即ち

Calanus 属……*Calanus helgolandicus, Cal. darwinii, Cal. tenuicornis, Cal. robustior, Cal. tonsus, Cal. gracilis, Cal. minor*
Acrocalanus 属……*Acrocalanus gracilis, Acr. monachus*
Clausocalanus 属……*Clausocalanus pergens, Clau. arcuicornis*
Eucalanus 属……*Eucalanus attenuatus*
Euchaeta 属 ……*Euchaeta marina, Euch. wolfendeni*
Euchirella 属 ……*Euchirella amoena*
Scolecithrix 属……*Scolecithrix danae*
Scolecithricella 属…*Scolecithricella abyssalis*
Scottocalanus 属……*Scottocalanus helenae*
Lucicutia 属 ……*Lucicutia flavicornis, Luc. ovalis*
Labidocera 属 ……*Labidocera detruncata, Lab. pavo*
Heterorhabdus 属 …*Heterorhabdus papilliger*
Centropages 属……*Centropages violaceus, Cent. elongatus*
Pleuromamma 属……*Pleuromamma xiphias, Ple. abdominalis, Ple. gracilis*
Pontellopsis 属……*Pontellopsis perspicax*
Candacia 属 ……*Candacia catula, Cand. bispinosa, Cand. aethiopica, Cand. truncata, Cand. curta*
Sapphirina 属……*Sapphirina stellata*
Oncaea 属 ……*Oncaea venusta*
Corycaeus 属……*Corycaeus speciosus, Cory. flaccus, Cory. lautus, Cory. latus*

この調査はビキニ海域に水爆が投下されてから約2ケ月経過し，調査当時はプランクトン（湿量1gにつき計算3400ct/min，乾燥重量，0.15gから6400ct/minを測定した）から放射能物質を他の魚種より遙かに多くのカウントを検出したにも拘らず，爆撃の衝動により斃死することなく依然として生存し，しかも生殖し，繁殖を経続している事実は，橈脚類はその形態が微細な為め個々の被害は微少なことと，成長に伴う脱皮などの為め，半減期の速かなることなどが，その原因として考えられるし，亦プランクトンの棲息深度によつては空中或は陸上生物などより遙かに被害の軽少であつたことも推察され，厚い水層が原爆の障害物となつたことと想像される。事実水爆投下のあつた時刻は日中であり，プランクトンの習性として日中は背光性を示して，深部え移動しているときであり，直接の被害は右程大でなく寧ろ汚染された海洋からの被害が大であると考えられる。亦測定した放射能は湿量にして1gであり，1gの橈脚類は数では恐らく，Microplankton で500～1000個体位，Macroplankton で100個

体位であるから，個々の Microplankton は 3～7 ct/min， Macroplankton では 30～40 ct/min 位のものと推定され，橈脚類が水爆に耐えたことは上述の理由ではなかろうか。

F. 北洋の生殖時期

北洋に於いては鮭鱒漁場調査の為め出航により，採集時期が5，6，7月に限定され，春期の調査は不可能であつたが，夏期には多量の橈脚類の Nauplius stage のものが出現するにも拘わらず，抱卵個体は殆んど観察出来ず，恐らくは生殖時期は既に春期に終了したものと思考される。以上から暖流水域に於いては春期から夏期に亘り，長期間生殖が行われ，之に反して寒流水域では多少のズレはあつても殆んど一斉に春期に行われるものと思われる。之は暖流水域では生活環境の変化が寒流水域程急激に起ることなく，即ち橈脚類の生殖に適した期間が永いことを意味するし，同一個体が何度も繰返して生殖を行う外に，亦一面幼体から成体となるに要するに期間が同一種に於いても個体差があり，成体になつたものから逐次生殖が行われるものとも考えられる。著者は寒流水域に於いては橈脚類の寿命の短いことから，一度生殖を行つたものは再び幾度も生殖を繰返すことはあるまいと考えている。暖流水域の橈脚類でも生殖期間の長いことは同一個体が生殖を繰返すことがあつても，寿命の短いことから，その回数にも自ら制限があろう。

下関漁港の *Eurytemora pacifica* の様に10月下旬には殆んど成体の姿が没し，Nauplius stage 或は Copepodite stage のもののみ観察されるに過ぎないことからも立証出来よう。

XIII. 変　　態

1. 既往の業績

一般に卵黄の多い不透明な大形卵は徐々に発育してあまり動かぬ幼体を作るが，卵黄の少い透明な小形卵は速かに発育し表層性幼体を出す。孵化日数は水温に比例し，*Cyclops* は卵黄形成後，夏期では30～36時間，冬期では5～8日を要するとされた。最初の幼体は附属肢3対（第一及び第二触角と上顎）を有する Orthonauplius で，之は1又は2回脱皮し，1肢（第一下顎）を増加したものを Metanauplius と云うが，この Metanauplius 期は数個あつて次に Copepodite stage になる。之は更に5期を経て成体となるとされている。この幼体は LEUWENKOEK 及び DE GEER が Copepodite 初期の幼体を見たのが最初で，其後多くの観察者は之を独立した生物と見て，Orthonauplius を *Amymone* 属，Metanauplius を *Nauplius* 属として一括し之を8種に分類したが，この誤は JURINE が訂正し，RATHKE は更に附属肢の発生による変化をも確めた。

HOEK, OBERG (1906) 等によれば， Gymnoplea は Orthonauplius stage 2， Metanauplius stage 4 を， Podoplea は Orthonauplius stage 1， Metanauplius stage 4 を夫々有するとした。Gymnoplea では *Rhincalanus* で然らざるものが GURNEY, R. (1934) により1．2報告された以外は今の処例外はないとされたが，Podoplea では然らざる例が多く発見され， GUIGLIA, GURNEY, D. (1930)，花岡 (1939) は Orthonauplius stage 2 を有するものを， NICHOLLS, TRASER は3を有するもの， GIBBONS (1933) 及び OGILVIA， 花岡 (1939) は Metanauplius stage 5 を有すると報告した。以上の中 *Calanoid* では唯 *Calanus finmarchicus* のみ卵を孵化させて各期幼体を観察したものであるが (LEBOUR, GIBBONS (1933))， 他は総てプランクトン中から採集して観察したもの

である。従つて各期幼体の知られたものは現在のところ僅かに次の数種に過ぎない。即ち GURNEY, R (1934) は *Calanoidae* 中の *Calanus finmarchicus*, *Paracalanidae* では *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanidae* では *Pseudocalanus elongatus*, *Rhincalanidae* では *R. cornutus*, *R. nasutus*, *Centropagidae* では *Cent. hamatus*, *Cent. kroyeri*, *Cent. typicus*, *Temora longicornis*, *Pontellidae* では *Acartia biflosa*, *A. clausi*, *Epilabidocera amphitrites*, *Tortanus discaudatus* 等で発生日数の知られたものは *Calanoidae* にはない。一般に *Calanoidae* の Nauplius は豆形で，Podoplea のものは縦に偏圧されていて，又前者は平均的に変態し速かに発育し，普通第4期で7対の附属肢を有するが，Podoplea では最初あまり変化せず，変態期と共に前者程は体も伸長せず，亦第4stage では精々5対の肢を有するに過ぎず，従つて最後の Nauplius stage から第1 Copepodite stage えの変化は飛躍的であるとされた。

著者が下関漁港の狭塩種橈脚類 *Eurytemora pacifica* について観察したところに依ると Orthonauplius stage は2，Metanuplius stage は3で，Stage 数は5であることを確めた。このように Nauplius stage 数は Gymnoplea でも，Podoplea でも一定せず，種により夫々 stage 数を異にするが，Nauplius stage 数の限度は6であると云えよう。

2. *Eurytemora pacifica* の変態

A. Nauplius stage 及び Copepodite stage

Nauplius stage 及び Copepodite stage に夫々脱皮成育する成長差は，Nauplius stage では V. IV. III. II. I の逆順であつたが，Copepodite stage では Stage の進捗に伴い，それに比例して成長増加を示すとは限らなかつた。Nauplius stage の成長の最大値は V で 107μ を示し，最低は I, II の 40μ であつた。Copepodite stage の最大値は V～VI 間の 139μ で，最低は I～II 間の 53μ であつた。Stage IV～V 間の成長は 60μ で比較的低いのは注目に価する。Nauplius stage から脱皮して Copepodite stage えの変態は飛躍的で，体長差は 139μ で，Copepodite stage から，Adult になる体長差は 246μ で，他の Stage の体長差より甚だしく高い（第5表，第11図）。

Table 5. Difference of Body Length between Nauplius and Copepodite Stage.

	Nauplius stage					Copepodite stage					
Stage	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	VI
Difference of Body Length (in μ)	40	40	66	107	136	53	94	80	60	139	246

Table 6. Nauplius stage

Stage	I	II	III	IV	V
Body Length (average) in μ	93	133	173	239	346
Body Width (average) in μ	56	67	80	93	119
Appendage	3 pair	3 pair	1st antenna 3 segment	1st foot	2nd and 3rd foot
Caudal spine	2	2	3	3	3
Body segment	elliptical			Head and 2 abdominal seg.	Head and 4 abdominal seg.

次に Nauplius について体長，体幅，附属突起，尾棘，体節の成長率を各 Stage 毎に示せば第6表の通りであり，体幅の増幅差は11，13，13，26で各 Stage の特徴であった。肢突起は孵化直後のものは3対（第一触角，第二触角，上顎）を有するに過ぎないが，II で3対の突起に関節が生じ，III には第一触角は3し，他は2節する。IV で始めて第一胸肢が出現し，V で更に第二，第三胸肢が出現した。体節は Stage I では楕円形を呈し，Stage が進むにつれ伸長し，IV 不明瞭ながら出現し，V では更に頭節とで頭節と胸節2節が胸節4節の区分が識別可能となる。尚各 Stage 間には中間型が認められないことから，この間の変態は脱皮によるものと考えられ，即ち4回の脱皮により次の Copepodite stage に変態するものと推定される。更に外部構造についての成長経過を追求すれば次の様である。

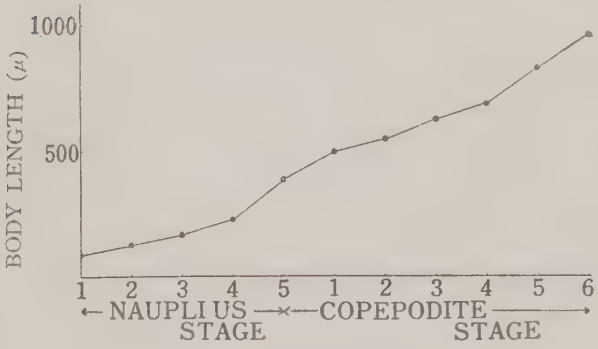


Fig. 11. Difference of Body Length between Nauplius stage and Copepodite stage.

B．前体部 (Anterior division)

孵化直後の前体部は Nauplius stage I では楕円形で，III で体は後方に伸長し，頭胸節と腹節との境界が現われ，IV で頭胸節及び2胸節，V で頭胸節と4胸節が不明瞭ながら出現するが，Nauplius stage では頭節と胸節は分離せず，Copepodite に始めて両者間に完全な分離が完成する。即ち Copepodite stage I で頭節及び胸節第一節間に境界線が節われ，第五胸節の出現は III で，IV で頭節及び胸節第一節より第五節までその節境が明瞭となる。然しこの Stage までは最後胸節末端は雌雄共楕円形で，雌雄の識別は不可能である。Stage V では雌は雄より側方に伸長し，突出して来る。成体では更に側方に伸長し翼状突起をなし，楕円形をした雌の構造とは全くその形態を異にする。以上を要約すれば，前体部諸節の発生順序は先ず，第二，第三，第四胸節，次に頭節と第一胸節の分離，最後に第五胸節の分節を生じ，成体となる（第12図）。

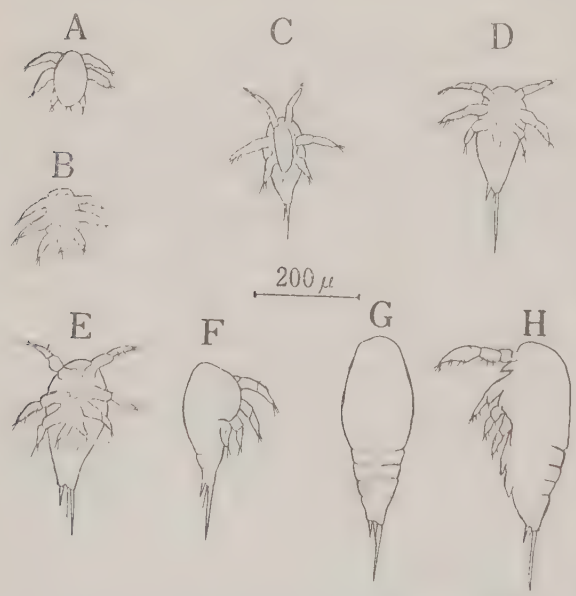


Fig. 12. Metamorphosis of *Eurytemora pacifica*.
A. Nauplius stage I, dorsal view.
B. 〃 , ventral view.
C. Nauplius tage II, ventral view.
D. Nauplius stage III, ventral view.
E. Nauplius stage IV, ventral view.
F. 〃 , lateral view.
G. Nauplius stage V, dorsal view.
H. 〃 , lateral view.

C. 後体部 (Posterior division)

後体部の出現時期はMetanauplius stageで,このときは未だ1節に過ぎない。Copepodite stage I から III までは雌雄の識別不可能で，I では2節，II で3節を有し，III で後方節に関節が完成する。IV では明瞭になり，V で雄は4節，雌は3節を認め，腹部による雌雄差を認め得るようになる。更に変態が進むと VI で雄は5節，雌は3節の儘肥大し，特に生殖節は大になる。成体では雌の生殖節は更に側方に突出する。之を要約すれば雌雄共に生殖節の出現は他節の何れよりも早く，雌は生殖節に次いで肛門節，第二節の順で，雄は肛門節，第二，第三，第四節の順となる (第13，14図)。

D. 第一触角 (1st antenna)

孵化直後の Nauplius stage I では1節のみで，II で2節，III で3節，IV で4節となり Stage が進むにつれ第一触角の節数が増加し，Copepodite Stege I で多くの節が出現するが，その境界は判然としない。IIで諸節は明瞭となり，その節数10が算定され，IIIで12節，IVで13節となるが，この Stage では第一触角による雌雄の識別は未だ不可能で，V で始めて雄は中央部の6節が肥厚し，膝曲化の現象が現われ，VI ではこの肥厚が一層明瞭となり，完全な把握触角となるのは Copepodite最後の脱皮を行い成体となるときである。雌は雄と同様Copepodite IV 迄は同形で，VI で15節が出現し雄より節数が多

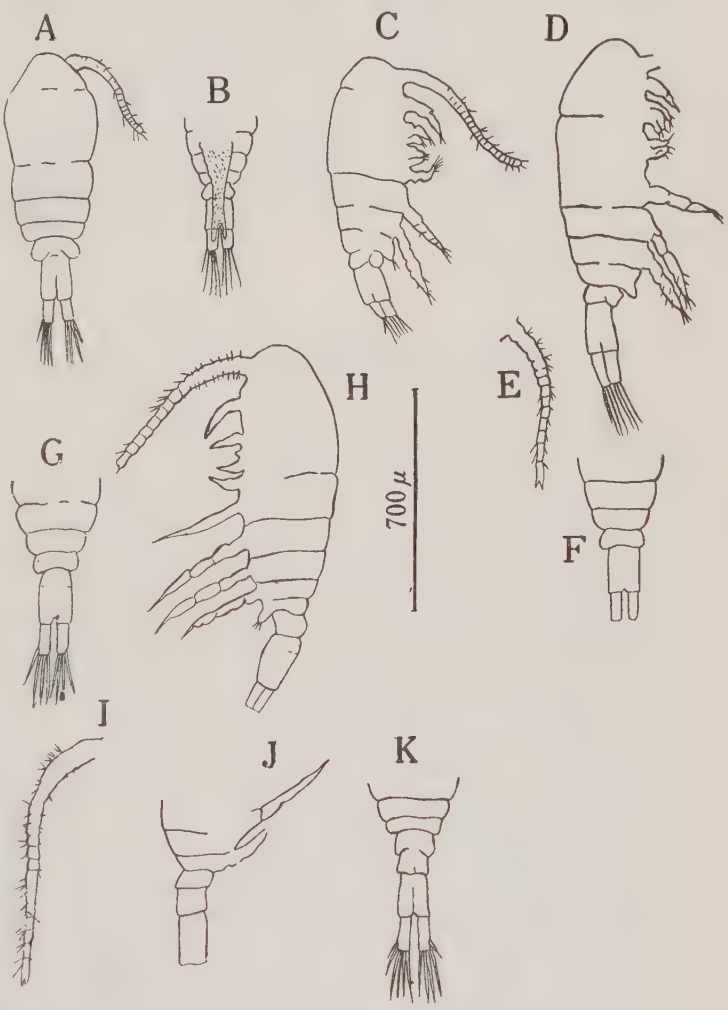


Fig. 13. Copepodite of *Eurytemora pacifica*.
A. Copepodite I, dorsal view.
B. 〃 , ventral view.
C. Copepodite I, lateral view.
D. Copepodite II, lateral view.
E. 〃 , 1st antenna.
F. 〃 , posterior division.
G. Copepodite III, posterior division.
H. 〃 , lateral view.
I. Copepodite IV, 1st antenna.
J. 〃 , abdomen, lateral view.
K. 〃 , posterior division.

く，雄の様に膝曲化することなく，成体では左右相称で 25 節からなる（第 15 図）。

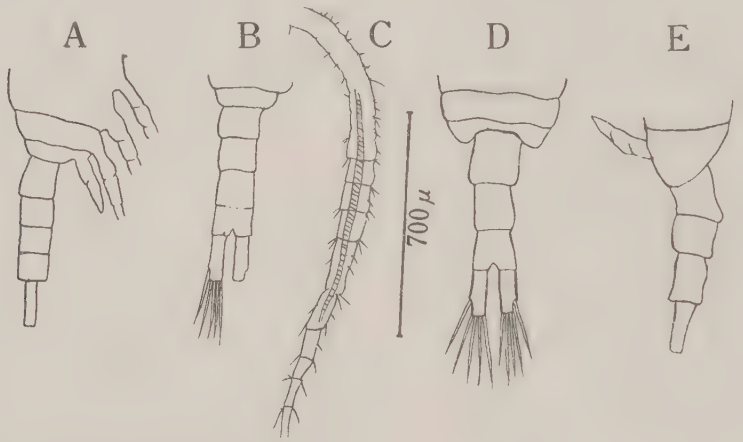


Fig. 14. Copepodite of *Eurytemora pacifica*.
A. Copepodite V, lateral view (♂). B. Copepodite V, dorsal view (♂). C. Copepodite V, Ist antenna (♂). D. Copepodite V, dorsal view (♀). E. Copepodite V, lateral view (♀).

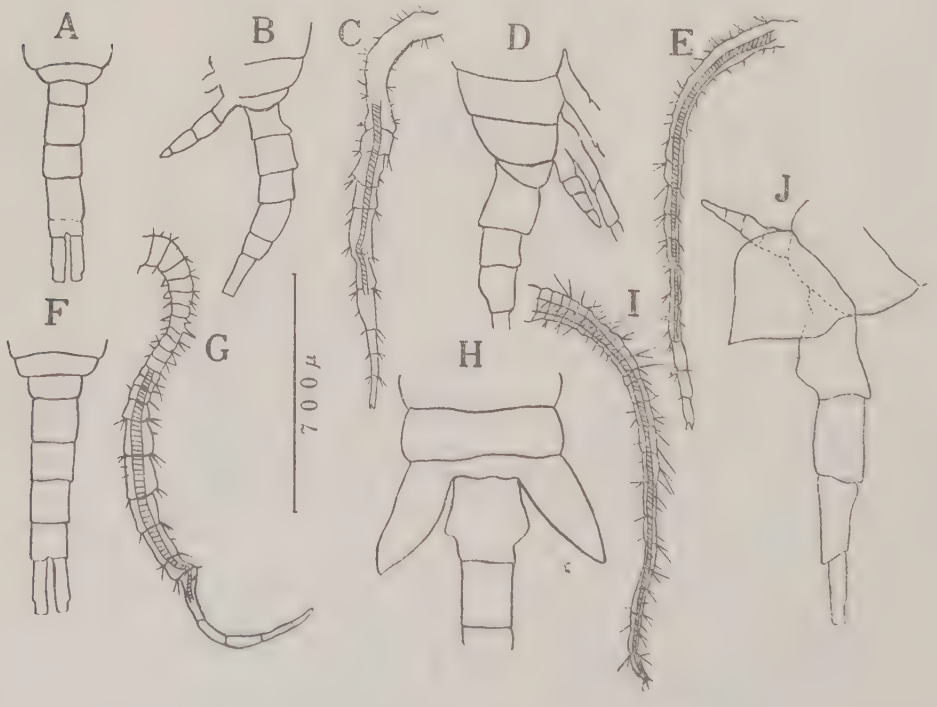


Fig. 15. Copepodite of *Eurytemora pacifica*.
A. Copepodite VI, dorsal view (♂). F. Male, posterior division.
B. 〃 , lateral view (♂). G. 〃 , Ist antenna.
C. 〃 , Ist antenna (♂). H. Female, Ist thoracic segment, adult.
D. 〃 , lateral view (♀). I, 〃 , Ist antenna.
E. 〃 , Ist antenna (♀). J. 〃 , lateral view.

E. 第五胸肢 (5th pair of feet)

第五胸肢の出現は Copepodite stage III で，この時期に小突起が生じ，これが第五胸肢原基となる。IV では長さ20μ位の左右相称形を呈し，この Stage では雌雄の識別不可能である。V で雄は基節の外に1節を生じ，末端に3小刺を有す。雌は不明瞭ながら2節し，長さ約40μとなる。III では更に一層明瞭となり，雄は左右不相称となり，右脚は左脚より稍々長く，第二節に1小棘を有し何れも3節からなる。雌は雄に類似するが，それより稍々膨大し，右脚外縁に4小棘を有し雌雄の脚は長さ約70μである。成体は更に変態し Copepodite stage とは甚だしく構造が異る。雌の右脚は3節からなり，第二節は内方に突出し，その表面に多くの鋸歯状棘を有し，末端棘は長い。左脚は4節し，第二節は内葉に突出し雌と同様，その表面に鋸歯状棘を有し，末端基部は膨出肥厚し，末端棘は外方に彎曲する。雄は左右不相称で，何れも三節，三節は伸長し，右脚の末節は爪状を呈し，左脚の第二節は肥厚し，末節先端は数本に分叉する。

XIV. 幼生について

1. 研究目的

初期発生を終了した幼生は卵から脱出し，直ちに浮游生活に這入り，Nauplius stage Copepodite stage を経過し更に脱皮成長して成体となる。この変態は昆虫等に見られる直接発生と同様に，幼生が成体とよく類似しているものもあるが，中には幼生と成体間に著しい形態上の差異を認めるものがある。従つて幼生それ自体が新種として発表されたものに *Calanus plumchrus* があるがこれを *Calanus tonsus* の幼生であるとされたこともある。本邦に於て幼生に関する研究報告は少なく，田中 (1935) が *Eucalanus* 属の数種について，森 (1937) が *Temora stylifera, Haloptilus mucronatus, Eurytemora herdmani* を記載したに過ぎない。斯く幼生の研究報告が少ないために分類学上不便を来たし，種の同定に当り甚だしく混乱を招来することが屢々である。幼生と成体間の著しい差は外部形態中，特に第一触角，最後胸節，生殖節，叉肢，第五胸肢，叉肢刺毛等に見られる。以上の理由から著者は幼体の研究の必要性を認め，幼生の形態，生態が判明すれば，橈脚類の分類学上，生態学上，将又魚類の食性調査上にも得るところが大であるとの観点からこの研究に着手した。但し次に記載した幼生は，Nauplius stage を経過し，Copepodite stage の中 Metacopepodite stage のものを指している。

2. 研究結果

a). *Calocalanus pavo* 未成熟の雌 (第16図)

本種の雌の記載は森 (1939) が報じたが，幼体についての報告はない。幼体の前体部は4節，後体部は3節からなり，両者の長さの比は6：1である。第一触角は23節からなり，その基部は第二節と癒合し，他の何れの節より長く，外縁に2本の羽状刺毛を有する。末節は成体に見られるようなその前節の長さの2倍に達せず，略々等長である。叉肢及び第五胸肢は左右相称で，叉肢の長さは幅の約1.5倍で左右に広く開き，叉肢刺毛は等長の4個の羽状刺を有す。第五胸肢は3節からなり，先端には成体と同様4個の刺毛を有するがその中1刺のみは特

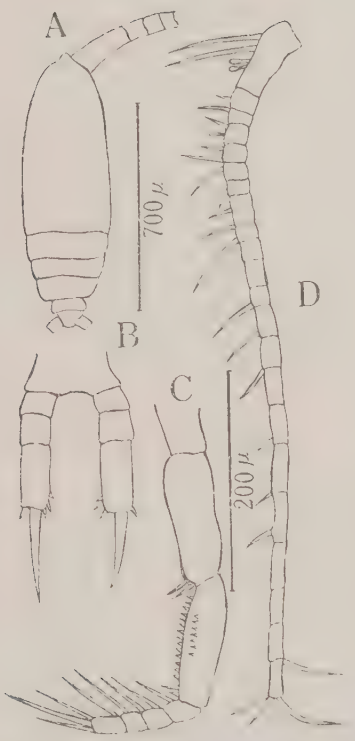


Fig. 16. *Calocalanus pavo* immature female.
A. Female, dorsal view.
B. 〃 , 5th pair of feet.
C. 〃 , 2nd maxillipede.
D. 〃 , 1st antenna.

に長く，他の3刺は何れも短かい。末節は他の2節の和よりも長い。

体長．700～750μ。

分布．成体は奄美大島，台湾，八丈島近海等から報告されたが，著者は成体及び幼体を中部太平洋及び上海沖から採集したがその出現率は何れも低かつた（st. 86, 87）。

b）．*Euchaeta marina* 未成熟の雄及雌（第17, 18, 19図）

雄，前体部及び後体部共に5節からなり，それらの長さの比は21：10である。体表の小刺毛は幼体では明瞭でない。第二脚の外葉は3節からなり成体と同じ特徴を呈し，即ち外葉の第二棘は第3節末端棘に到達する，但し内葉は1節からなる。第三脚の外葉は3節，内葉は境界不明瞭の2節からなる。第四脚の外葉は3節からなり，第三節の中央に多くの小棘があり，内葉は2節からなる。第五脚は略々左右相称で，基部から長い外葉と短内葉を分岐し，内葉の長さは外葉の約四分の一で，幅は約三分の一である。前体部及後体部の長さの比は次の通りである。

前体部諸節 $\frac{1}{50}\ \frac{2}{21}\ \frac{3}{15}\ \frac{4}{17}\ \frac{5}{7} = 100$

後体部諸節 $\frac{1}{24}\ \frac{2}{24}\ \frac{3}{20}\ \frac{4}{17}\ \frac{\text{furca}}{15} = 100$

後体部の第二，第三節の外側に小棘数個を有する。第一触角は22節からなり，第三，七，十二，十九，二十二節に夫々長刺毛を有する。

雌．前体部は5節，後体部は4節からなり，前体部と後体部の長さの比は21：10である。前体部，後体部の各部の長さの比は次の通りである。

前体部諸節 $\frac{1}{52}\ \frac{2}{13}\ \frac{3}{13}\ \frac{4}{8}\ \frac{5}{14} = 100$

後体部諸節 $\frac{1}{54}\ \frac{2}{12}\ \frac{3}{17}\ \frac{\text{furca}}{17} = 100$

体表の刺毛は明瞭でない。第一脚は内葉，外葉共に1節からなる。第二脚も同様内葉，外葉共に1節からなり，外葉中央に小刺を有する。第四脚は，外葉の分離不完全な3節と内葉1節からなる。第一触角は基部及び末端の各節境界は明瞭であるが，中央部の諸節は未だ癒合している。

体長．雄 2.8～3.2mm 雌 2.7～3.0mm。

分布．ビキニ海域の各点に優占種として出現した（st. 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160）。

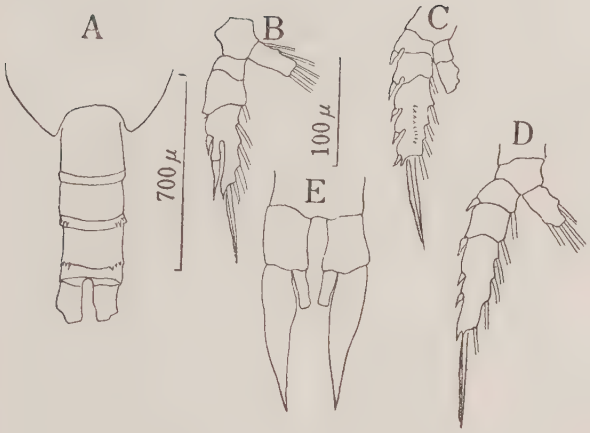


Fig. 17. Copepodite stage of *Euchaeta marina* male.
A. Abdomen, dorsal view. B. 2nd foot. C. 4th foot.
D. 3rd foot. E. 5th pair of feet.

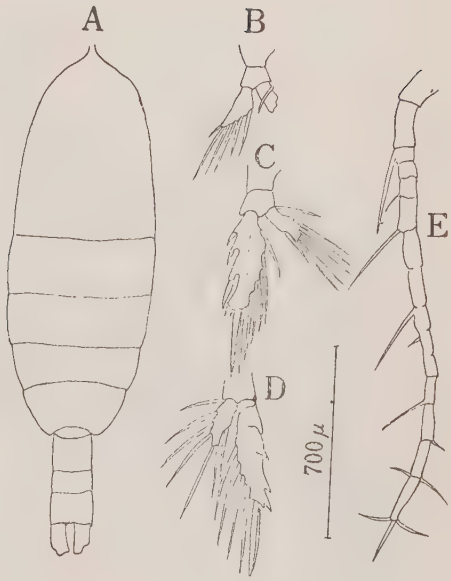


Fig. 18. *Euchaeta marina* female (5th copepodite).
A. dorsal view. B. 1st foot. C. 2nd foot. D. 4th foot. E. 1st antenna.

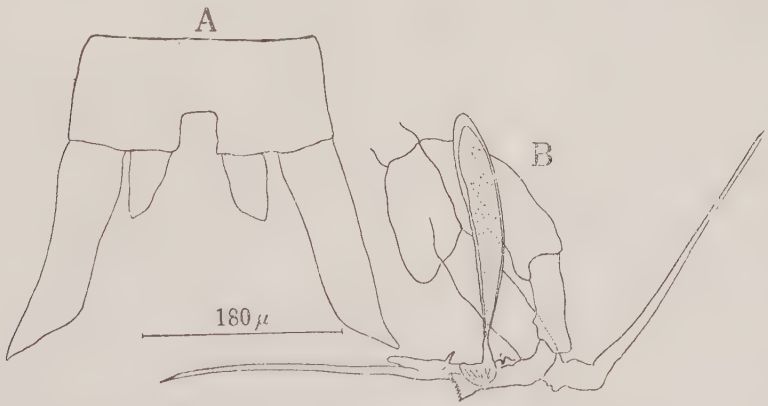


Fig. 19. 5th pair of feet of *Euchaeta marina* male.
A. Copepodite stage. B. Adult, with spermatophore.

c). *Metridia lucens* 未成熟の雄（第20図）

本種の成体については *Metridia hibernica*, GIESBRECHT, *M. lucens*, GIESBRECHT *und* SCHMEIL, SARS, ESTERLY, BREEMEN, SATO, SARS, WILSON, MORI, T. などの報告がある。本種と *M. longa* とは叉肢及最後胸節の左右両後再，及び第五胸肢の形態により区別して記載されたが，両者間には明瞭な差は認められない様で，茲に *M. lucens* の幼体を記載して，両者間の中間型とも見做べきものを記述した。

雄. 前体部と後体部との長さの比は約2：1で，前体部は5節より，後体部も5節からなる。

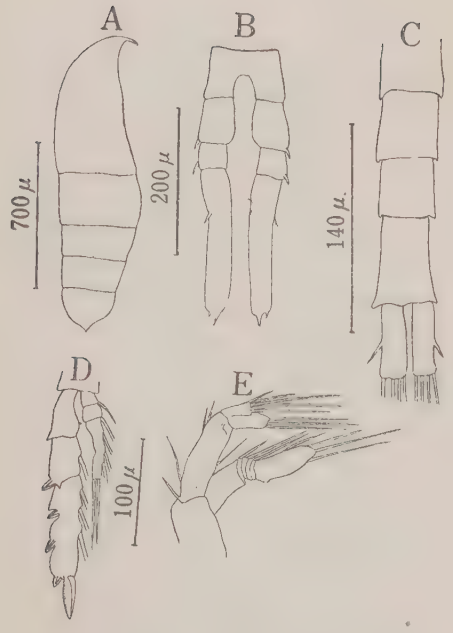


Fig. 20. *Metridia lucens*, immature male.
A. Anterior division, lateral view.
B. 5th pair of feet.
C. Posterior division.
D. 2nd foot.　E. 2nd antenna.

第一触角は22節からなり，未だ把握触角とならない。第五胸肢は左右相称で，共に4節からなり，第二節は稍々膨大し，末節は長く，先端に短かい2棘，外縁に2小棘を有す。成体では第五胸肢は左右不相称，左脚は5節よりなり，末節は他の節の和より大で，右脚は5節よりなり，第三節は一個の長棘を内縁に有す。

体長．1.90～2.10mm。

分布．この成体は冷水種として知られ，北太平洋，北大西洋から報ぜられ，本邦で金華山沖，潮岬，朝鮮東海岸，北海道沖から知られたが，著者はアリューシャン群島沖から之を採集した（st. 40, 47)。

d). *Phaenna spinifera* 未成熟の雌（第21図）

雌．前体部を脊面から見ると殆んど円形を呈し，4節からなり，第3節側方に一刺を有す。後体部は3節からなり，前体部と後体部の長さの比は2.5：1である。それらの諸節の長さの比は次のようである。

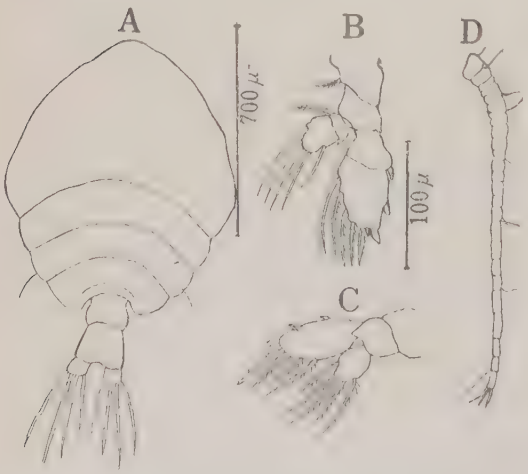


Fig. 21. *Phaenna spinifera* immature female.
A. Dorsal view.
B. 4th foot.
C. 3rd foot.
D. 1st antenna.

前体部諸節　$\frac{1}{56}-\frac{2}{16}-\frac{3}{14}-\frac{4}{14}=100$

[illegible]　$\frac{1}{36}-\frac{2}{48}-\frac{\text{furca}}{16}=100$

幼体は成体と異り，生殖節は次節より短い。叉肢の長さは略々幅に等しい。第一触角は成体では24節からなるが，幼体では不明瞭に分離した24節からなる。第三脚は内，外葉共1節（成体の内葉，外葉は共に3節）からなり，第四脚は各葉共2節からなる。第五脚は成体と同様之を缺く。

体長．1.5～2.0mm。

分布．[illegible]，成体[illegible]から採集したがその出現頻度は普通である（st. 93, 95, 97 ,99, 100)。

e). *Euchirella amoena* 未成熟の雄（第22図）

雄．前体部は4節，後体部は6節からなり，それらの長さの比は17：5である。前体部及び後体部諸節の長さの比は次のようである。

前体部諸節 $\frac{1}{62}\ \frac{2}{15}\ \frac{3}{10}\ \frac{4}{13} = 100$

後体部諸節 $\frac{1}{25}\ \frac{2}{12}\ \frac{3}{15}\ \frac{4}{16}\ \frac{5}{15}\ \frac{\text{furca}}{17} = 100$

第五脚は左右不相称で，右脚は2節からなり，末節は内，外2葉からなる。外葉は尖端が次第に細く且つ尖るが，内葉は基部及び末端は略々等幅でその尖端は平滑である。左脚は3節からなり，末節はその中でも長く，他の2節の和に略々等しく，末端に1小棘を有す。成体の第五脚は右方が鋏状肢となり，左脚は4節となる。

体長．2.7～4.5*mm*。

分布．ビキニ海域から多数之を採集した (st. 138, 140, 143, 147, 159, 160)。

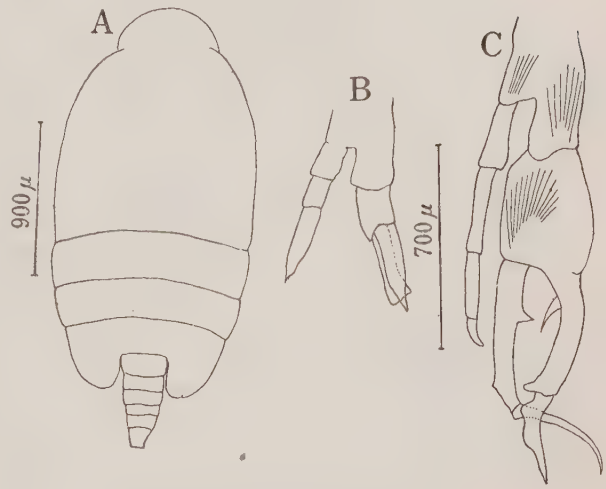


Fig. 22. *Euchirella amoena*.
A. Male, 5th copepodite stage.
B. 〃 , 5th pair of feet of larva.
C. 〃 , 5th pair of feet of adult.

f). *Scolecithrix danae* 未成熟の雄（第23図）

雄．頭端は隋円形状を呈し前体部は5節，後体部は6節からなり，それらの長さの比は4：1である。前体部及び後体部諸節の長さの比は次のようである。

前体部諸節 $\frac{1}{55}\ \frac{2}{17}\ \frac{3}{15}\ \frac{4}{7}\ \frac{5}{6} = 100$

後体部諸節 $\frac{1}{24}\ \frac{2}{16}\ \frac{3}{15}\ \frac{4}{15}\ \frac{5}{22}\ \frac{\text{furca}}{8} = 100$

第五脚は略々左右相様で，共に二葉からなり，末節は内，外2葉からなる。内葉は外葉の幅の約二分の一で，外葉より短かい。成体になると前体部と後体部の比は 3.5：1，前体部及び後体部諸節の比は次のようである。

前体部諸節 $\frac{1}{70}\ \frac{2}{13}\ \frac{3}{12}\ \frac{4}{3}\ \frac{5}{2} = 100$

後体部諸節 $\frac{1}{28}\ \frac{2}{28}\ \frac{3}{18}\ \frac{4}{10}\ \frac{5}{6}\ \frac{\text{furca}}{10} = 100$

第五脚は共に伸長し，変形して右脚は単葉，左葉は2葉からなり，その外葉は3節，内葉は1節からなる。

体長．幼体，1.9～2.7mm，成体，2.3～3.0mm。

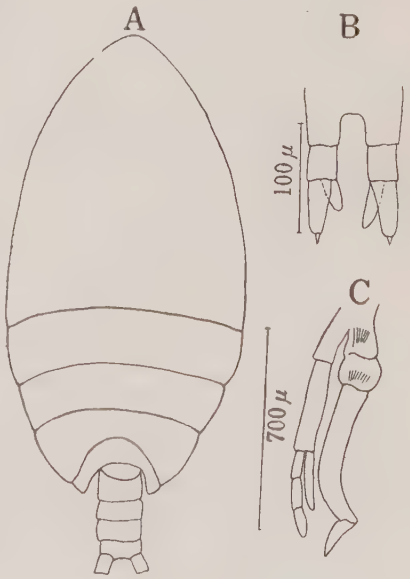


Fig. 23. *Scolecithrix danae*
A. 5th copepodite stage.
B. 5th pair of feet of larva.
C. 5th pair of feet of adult.

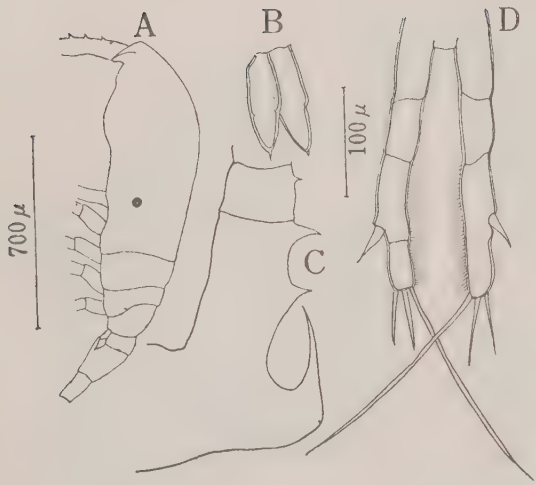


Fig. 24. Copepodite stage of *Pleuromamma xiphias*.
A. Lateral view.
B. 5th pair of feet.
C. Basal segment of 1st antenna.
D. 5th pair of feet of adult.

分布. 成体はビキニ海域に*Euchaeta*属に次いで優占種として出現したもので，その幼体の出現瀕度は高い（st. 138, 140, 141, 142, 143 ,145, 146, 155)。

g). *Pleuromamma xiphias* 未成熟の雌（第24図）

雌. 前体部は4節からなり後体部は3節からなる。その長さの比は3：1である。幼体の頭部左側に1個の色素点を認め得る。前体部及び後体部の諸節の長さの比は次のようである。

$$\text{前体部諸節}\ \frac{1\ \ 2\ \ 3\ \ 4}{67\ 10\ \ 8\ 15} = 100$$

$$\text{後体部諸節}\ \frac{1\ \ 2\ \ \text{furca}}{21\ 48\ \ 31} = 100$$

第一触角の基部は既に成体と同様に内外両側に彎曲した小棘を見る。第五脚は不完全に分離した2節からなり，尖端に1棘を有し，左右相称であるが，成体のように内縁に細刺毛を有せず，成体の第五脚は左右相称で夫々4節からなり，第三節外縁に1棘，末端節尖端に1長刺毛及び2小刺毛とを有する。

体長. 1.2～1.8mm。

分布. ビキニ海域から多くの幼体を得た。この出現瀕度は高い（st. 159, 190)。

h). *Centropages violaceus* 未成熟の雄（第25図）

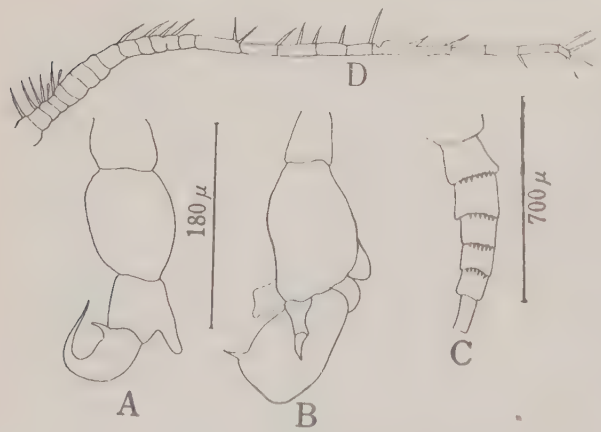


Fig. 25. Copepodite stage of *Centropages violaceus*, male.
A. Right 5th foot.
B. Left 5th foot.
C. Abdomen, lateral view.
D. 1st antenna.

雄. 前体部は5節，後体部は6節からなる。それらの諸節の長さの比は次のようである。

$$\text{前体部諸節}\ \frac{1\ \ 2\ \ 3\ \ 4\ \ 5}{51\ 16\ 12\ 11\ 10} = 100$$

$$\text{後体部諸節}\ \frac{1\ \ 2\ \ 3\ \ 4\ \ 5\ \ \text{furca}}{21\ 19\ 19\ 14\ 6\ \ 21} = 100$$

成体に比して甚だしく異る点は腹部の肛門節を除く各節後縁に小鋸歯状棘を多数有するが成体はこれが甚だ少くなる。第五脚の右脚は外葉末節に共に内方をに彎曲した2棘を有し，左脚の末節は膨大し1棘を有する。第一触角の右方は24節からなり，その第19節は他の節より長く，やゝ関節化を認める。成体の前体部及び後

体部諸節の長さは次のようになる。

前体部諸節	1	2	3	4	5	6	
	44	20	10	11	10	5	= 100

後体部諸節	1	2	3	4	5	furca	
	11	22	14	7	8	36	= 100

第五脚は左右不相称で，左脚の外葉第2節は外縁に頑丈な2長棘を有す。右脚の外葉は2棘を有し，1は伸長し内方に彎曲し，他は棍棒状棘となる。成体の体内に長さ約 600～700μ の精嚢2を認めた。

体長．幼体，1～1.3mm，成体 1.5～2.0mm。

分布．ビキニ海域から採集したが，幼体の出現頻度は低い（st. 138）。

i）．*Tortanus forcipatus* 未成熟の雌（第26図）

本種の成体については雌のみを，GIESBRECHT (1892), GIESBRECHT und SCHMEIL (1898), SATO (1913), MORI (1937) が夫々報告した。幼体は前体部及び後体部共成体と甚だしい差異は認められず，第一触角及び第五胸肢に稍々特徴が認められる。即ち第一触角の基部から第6節までは癒合する。第五胸肢は左右相称で分化せず，共に1節で，先端に短棘各1個を有す。体長も成体に比して遙かに小形である。

分布．成体 GIESBRECHT が台湾海峡から，森は紀伊水道から之を採集したが，著者は幼体及び成体を瀬戸内海三田尻沖から採集した（st. 129）。

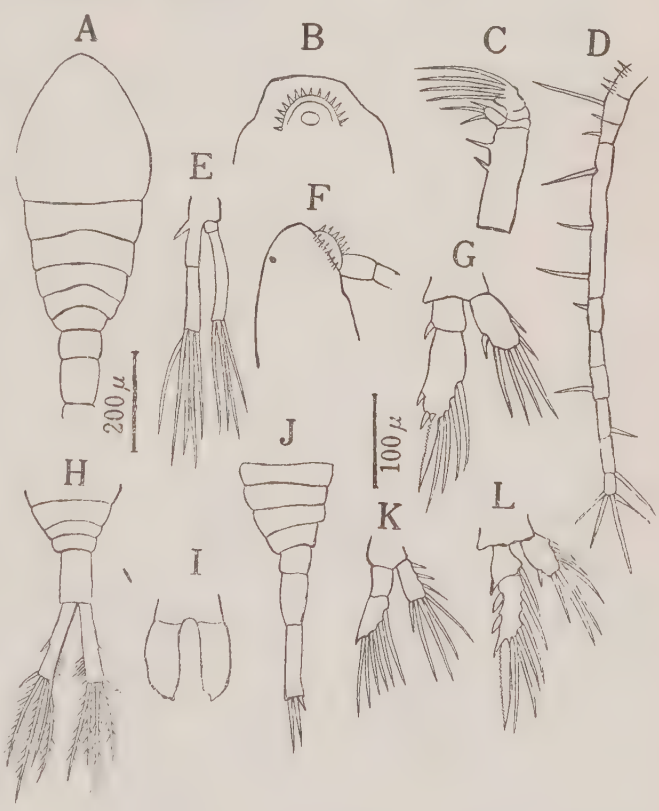


Fig. 26. *Tortanus forcipatus* immature female. A. Anterior division, dorsal view. B. Head, ventral view. C. 2nd maxillipede. D. 1st antenna. E. 2nd antenna. F. Head, lateral view. G. 3rd foot. H. Posterior division, dorsal view. I. 5th pair of feet. J. Posterior division, lateral view. K. 2nd foot. L. 4th foot.

j）．*Candacia truncata* 未成熟の雄（第27図）

雄．前体部，後体部共に5節からなり，その長さの比は3：1である。前体部及び後体部諸節の長さは次のようである。

前体部諸節	1	2	3	4	5	
	72	9	10	6	3	= 100

後体部諸節	1	2	3	4	furca	
	20	30	20	17	13	= 100

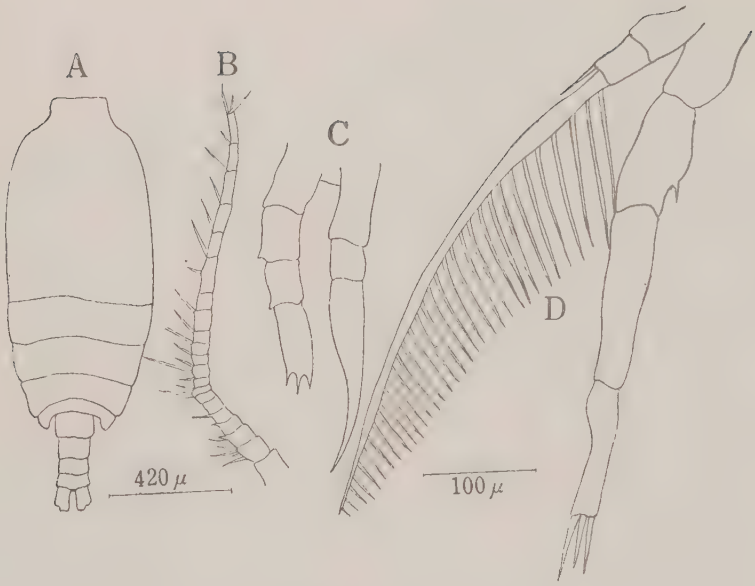


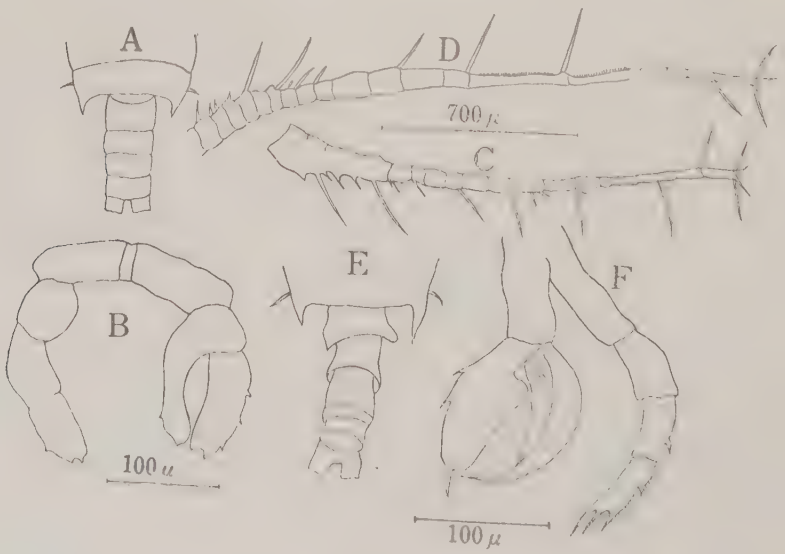
Fig. 27. *Candacia truncata.*
A. Copepodite stage, dorsal view.
B. 〃 , 1st antenna.
C. 〃 , 5th pair of feet.
D. 5th pair of feet, adult.

第一触角は22節からなり，未だ関節化せず把握触角の形態をなさない。第五脚の左方は4節からなり，その末端節は3小棘を有し，右方は3節からなり，末節は長く伸長し成体のように羽状棘形をなさない。

体長．1.2～1.6 mm

分布．ビキニ水域から之を採集した。出現濃度は中である（st. 138, 139, 142, 143, 149, 151, 156, 159）。

k). *Candacia bipinnatn* 未成熟の雄　（第28図）



Eig. 28. *Candacia bipinnata*
A. Abdomen, copepodite stage. B. 5th pair of feet, copepodite stage. C. 1st antenna, copepodite stage. D. 1st antenna adult. E. Abdomen, adult. F. 5th pair of feet, adult.

雄. 前体部及び後体部は共に5節からなり，其等の各節の長さの比は次のようである。

	1	2	3	4	5	
前体部諸節	38	20	15	15	12	= 100
後体部諸節	1	2	3	4	furca	
	38	20	15	15	12	= 100

第一触角は未だ把握触角とならず，基部の6節は癒合してその関節は不明瞭である。最後胸節の両後角は成体と異なり，左右相称形を呈し，両側に各々1小刺毛を有する。後体部は成体の6節と異なり，5節からなり肛門節は不明瞭に分離する。第一脚から第四脚までは成体の脚と同じ構造を呈するが，唯第五脚のみは甚だしく異なる。即ち左右不相称で2節からなり，右脚は鋏状を呈するが，その構造は簡単である。左脚は4節からなり成体のように先端の2節に小刺毛を有しない。

体長．幼体は成体より稍々小で 1.8～2.0mm，成体は 2.1～2.6mm である。

分布．幼体及成体共にビキニ海域で採集した（st. 135, 138）。

l）. *Candacia curta* 未成熟の雄（第29図）

雄. 前体部，後体部共に5節からなり，その長さの比は 3.5：1である。前体部及び後体部諸節の長さの比は次の通りである。

	1	2	3	4	5	
前体部諸節	70	12	9	7	2	= 100
後体部諸節	1	2	3	4	furca	
	39	19	17	11	14	= 100

第一触角は関節化せず，把握触角の形態をなさない。最後胸節の右方は小突出し，内方に彎曲する。生殖節も左右不相称を呈する。第五脚の右方は2節からなり鋏状肢となつて，内葉を先端に1小棘を有す。左方は4節からなり，末節は2分岐するが，外縁の刺毛は見られない。

体長．1.5～2.0mm。

分布．ビキニ海域から之を採集したが，出現頻度は低い（st. 143）。

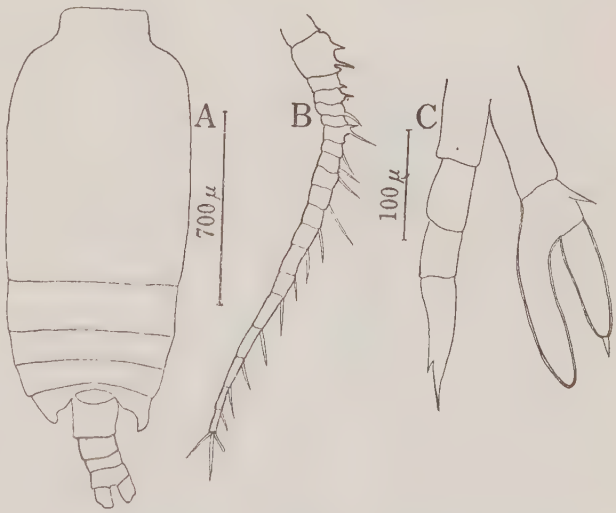


Fig. 29. *Candacia curta*, copepodite stage.
A. Cephalothorax, dorsal view. B. 1st antenna.
C. 5th pair of feet.

m）. *Candacia discaudata* 未成熟の雄（第30図）

本種の成体に就いてはSCOTT, A.（1909），森（1937）が夫々報告したが，その幼体についての報告は未だ之を見ない。幼体の第一触角は第1節から6節迄の増節の境界は不明瞭で，右触角は成体の様に未だ膝曲化せず，後体部は4節になり，第五脚は充分発育しない。第五胸肢の左脚は4節からなり，右脚は鋏形をなし，成体に類似するが，成体よりも外縁刺毛は若干少い。右触角の膝曲化は従つて Copepodite stage の後期即ち成体に近

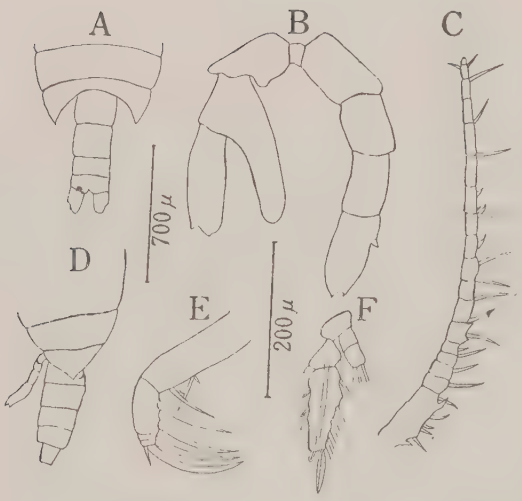


Fig. 30. *Candacia discaudata*, immature male. A. Thorax segment and abdomen. B. 5th pair of feet. C. 1st antenna. D. Posterior division. E. 2nd maxillipede. F. 4th foot.

い stage で起ることが判明する。

分布. 本種の成体は本邦近海では北海道近海，朝鮮近くの日本海，朝鮮東海岸から報告され，寒流性プラクトンの指標種と見做れるが，著者は幼体を北洋から採集した (st. 43, 55, 59)。

n). *Clytemnestra scutellata*

未成熟の雄（第31図）

本種の成体の雌雄は熱帯及び亜熱帯から DANA (1852), GIESBRECHT (1892), BREEMEN (1906), 森 (1929) 等が報告した。成体と幼体の外部形態はよく類似するが，[illegible] 見られる。即ち成体の叉肢刺毛第一末刺及び第二末刺は共に短かい基節から分岐するが，幼体ではそれらは共に長い突起をなす基節から分岐する

分布. 著者は中部太平洋（ギルバート，フエニツクス島）沖からこれを採集したが，成体に比してその出現度は尠い (st. 83, 85)。

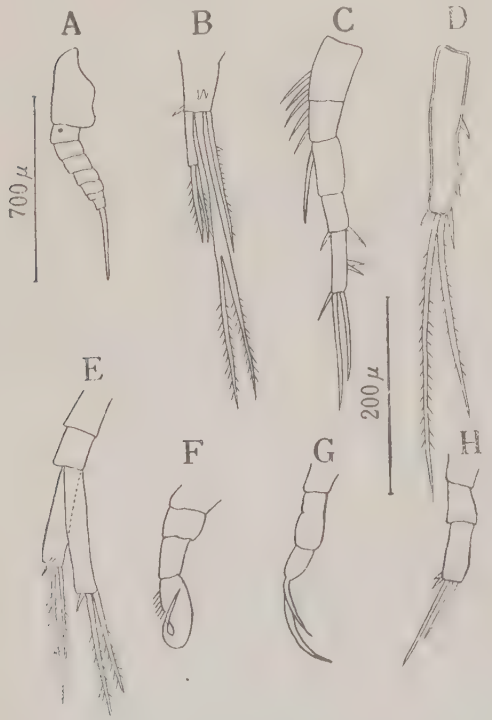


Fig. 31. *Clytemnestra scutellata*. A. Lateral view. B. Furcal setae. C. 1st antenna. D. 5th foot. E. 2nd antenna. F. Maxilliped. G. 2nd foot. H. 4th foot.

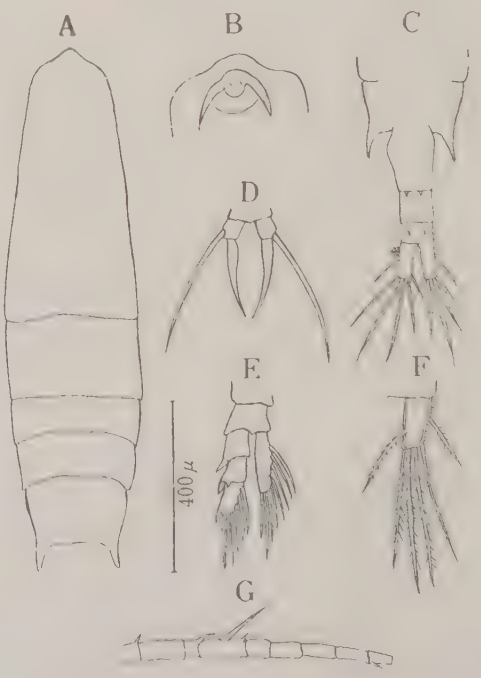


Fig. 62. *Acartia erythraea* immature female. A. Dorsal view. B. Ventral view. C. Posterior division. D. 5th pair of feet. E. 4th foot. F. Furcal setae. G. 1st antenna.

o). *Acartia erythraea* 未成熟の雌（第62図）

本種この雌の成体については GIESBRECHT, GIESBRECHT u. SCHMEIL, SCOTT, A., MORI, T. が報告した。この幼体は吻絲を有し，甚だ頑丈である。最後胸節は両後角突出して尖り，2本の附属棘を有する。前体部と後体部との長さの比は3：1である。第一触角の後方節には数本の棘を有する。生殖節は2本の棘を有し，その長さは次節の2本の棘の約半分である。叉肢の長さはその幅の約1.5倍である。第五脚の末節は繊絲状をなすが，その基部は膨大する。

体長．1～1.16mm。

分布．本種は支那沿岸，アラビヤ海，マレー群島，本邦では紀伊水道から報告されたが，著者は雌のみを種子島沖（1952. 4. 12）から採集し，亦有明海では7，8月割合多く出現した。

注意．本種の幼体は *Acartia spinicauda* として報告されたが訂正されねばならない。

XV. 雌雄の出現比率（The Occurrence-ratio of male and female）

橈脚類の雌雄の出現瀕度は雄のみ出現する場合と，雌のみ出現する場合及び雌雄共出現するときとがある。採集方法が橈脚類の雌雄出現瀕度を制限する場合もあるが，この瀕度は雌雄同率で出現するときが最も機会が多く，雌のみ出現するときが之に次ぎ，雄のみ出現するときは前二者に比して特に少い。現在迄本邦で記載された橈脚類中雌のみ報告されたものを列挙すれば次の様である。

1. 雌のみ記載された種

Calanus cristatus, Cal. plumchrus, Cal. tenuicornis, Cal. robustior, Cal. gracilis, Cal. vulgaris, Mecynocera clausi, Acrocalanus longicornis, Acro. gibber, Acr. monachus, Calocalanus pavo, Clausocalanus arcuicornis, Clau. furcatus, Pseudocalanus gracilis, Ctenocalanus longicornis, Aetideus giesbrechti, Bradyideus armatus, Gaetanus armiger, Euchaeta longicornis, Euch. media, Euch. concinna, Euch. wolfendeni, Euch. flava, Scaphocalanus pacifica, Scapho. echinatus, Scolecithricella bradyi, Scole. abyssalis, Scole. orientalis, Scole. spinipedata, Phaenna spinifera, Pleuromamma robusta, Lucicutia ovalis, Heterorhabdus papilligcr, Haloptilus longicornis, Halo. mucronatus, Halo. acutifrons, Halo. ornatus, Halo. oxycephalus, Labidocera euchaeta, Pontellopsis perspicax, Acartia danae, Aca. erythrea, Aca. hamata, Tortanus forcipatus, Candacia bradyi, Cand. bispinosa, Cand. simplex, Cand. pacifica, Oithona setigera, Oit. robusta, Oit.decipiens, Oit. fallax, Microsetella rosea, Micro. norvegica, Clytemnestra rostrata, Oncaea conifera, Lubbockia marukawai, Sapphirina metallina, Sap. darwinii, Sap. opalina, Sap. intestina, Sap. auronitens, Corycaeus agilis, Cory. asiaticus, Copilia longistylis.

など多くの種類が挙げられる。斯く雌のみ報告されたことは雌は雄に比して常に出現瀕度が高いことを意味する．即ち雌の個体数の絶対値が大であるか，雌雄によりその棲息層が異なる

為か，雌のみが群をなして棲息するのか，或は同定の際雄の存在を観過したか，採集の時期を春季の橈脚類の生殖時季に選定しなかつたか等に原因するものと思考される。本邦で橈脚類の雌雄の出現瀕度についての報告は僅かに小久保（1951）が十和田湖の湖沼学的研究で，亦安楽（1952）がこれについて言及したに過ぎない。今後上記の種の未知の雄が発見記載される迄に相当の期間を要するが，著者は現在迄少数ではあるが，次の種について，雄の報告を夫々日本水産学会誌に既に発表した。

Sapphirina intestina, male nov.（日本海水産研究所創立三週年記念論文集 pp.15～17）
Sapphirina darwinii, male nov.　（　仝　上　）
Euchaeta flava male nov.　（　仝　上　）
Temora stylifera male nov.（日本水産学会誌 vol. 19, No. 6, pp. 722～725）
Acartia hamata male nov.　（　仝　上　vol. 19, No. 6, pp. 726～728）
Eurytemora pacifica male nov.（　仝　上　vol. 18, No. 2, pp. 63～66）

雌のみ出現する場合は生殖時期を除いては雌のみ出現するか，採集場所，採集時期，採集方法によるか，何れにしても雌が雄と比較して外形特に第五脚，第一触角その他の構造が顕著でないにも拘はらず，斯く雌のみ記載された種類の多いことは橈脚類の雌雄出現率のあり方を示す一例で，雌の出現率が雄より高いことを意味する。雌雄出現率について[illegible]，[illegible]消長及び生殖時期を考慮して採集を実施しなければ研究目的を達し得ない結果を招来するから特に留意せねばならない。

2.　雄のみ記載された種

雄のみ出現する場合は雌に比較して甚だ少い。雄は雌に比して[illegible]，[illegible]一触角が膝曲化し，亦第五胸肢が交接補助器官となるなど特殊構造をなすに拘はらず，雌より遥かに多く未知の種のある理由は，雄の出現個体が雌より僅少であるか，[illegible]るか，運動力が大で採集の際ネツトより散逸するか，雌より一般に底棲性の故かなど考えられるし，亦生殖時期以外には雌雄は混棲することがない為めかとも考えられよう。雄のみ知られ，雌が不明のものも採集時期を生殖期に合致させれば，容易に判明するものがあろうと思考される。

1．雄のみの記載されたもの

Undeuchaeta minor, *Scottocalanus halenae*, *Centropages furcatus*, *Haloptlius spiniceps*, *Calanopia thompsoni*, *Labidocera kröyeri*, *Pontella longipedata*, *Pontellopsis armata*, *Pontellina plumata*, *Candacia pectinata*, *Copilia recta*.

3.　雌雄共記載された種

この雌雄共知られた種は次の様なもので比較的少いと云えよう。即ち

Calanus helgolandicus, *Cal. tenuicornis*, *Cal. minor*, *Cal. darwinii*, *Cal. vulgaris*, *Eucalanus elongatus*, *Eucal. bungii bungii*, *Eucal. attenuatus*, *Eucal. mucronatus*, *Eucal. subcrassus*, *Eucal. crassus*, *Rhincalanus cornutus*, *Rhincal. nasutus*, *Paracalanus aculeatus*, *Paracal. parvus*, *Acrocalanus gracilis*, *Clausocalanus pergens*, *Pseudocalanus elongatus*, *Aetidius armatus*,

Euchirella amoena, Euchaeta marina, Euch. wolfendeni, Euch. plana, Euch. flava, Euch. japonica, Scolecithricella minor, Scolecithrix danae, Centropages abdominalis, Centro. yamadai, Centro. orsinii, Centro. bradyi, Centro. calanius, Centro. gracilis, Centro. violaceus, Temora turbinata, Tem. discaudata, Metridia lucens, Pleuromamma abdominalis, Pleuro. gracilis, Pleuro. xiphias, Lucicutia flavicornis, Heterorhabdus papilliger, Calanopia elliptica, Labidocera acuta, Lab. pavo, Lab. detruncata, Lab. bipinnata, Lab. japonica, Pontella spinicauda, Pontellopsis tenuicauda, Pont. yamadai, Pontellina plumata, Acartia neligens, Aca. clausi, Aca. longiremis, Tortanus discaudata, Candacia longimana, Cand. discaudata, Cand. truncata, Cand. curta, Cand. aethiopica, Cand. pachydactyla, Cand. bipinnata, Oithona plumifera, Oit. similis, Oit. nana, Oit. rigida, Setella gracilis, Clytemnestra scutellata, Oncaea venusta, On. media, Lubbockia squillimana, Sapphirina gemma, Sapph. stellata, Sapph. nigromaculata, Sapph. gastrica, Corycaeus lautus, Cory. speciosus, Cory. longistylis, Cory. flaccus, Cory. catus, Cory. latus, Cory. ovalis, Cory. crassiusculus, Cory. trukicus, Cory. japonicus, Cory. gibbulus, Cory. concinnus, Copilia mirabilis, Cop. quadrata, Pachysoma dentatum.

等が挙げられるが，今後更にその種類を増すことは当然である。これを雌のみが記載された70種に比して，この場合の94種は，前者の数が比較的多く今後の研究により未知の雄の記載が当然期待されるところである。今上述の種を主なる属で区別すると *Calanus* 属 5，*Eucalanus* 属 6，*Euchaeta* 属 5，*Centropages* 属 7，*Temora* 属 2，*Pleuromamma* 属 3，*Labidocera* 属 5，*Pontella* 属 3，*Acartia* 属 3，*Candacia* 属 7，*Corycaeus* 属12，*Copilia* 属 2 である。以上から Gymnoplea では大型プランクトン，Podoplea では *Corycaeus* 属に次いで *Sapphirina, Oithona, Oncaea, Copilia* 属の順で，何れも外部形態特に第一触角，第五胸肢，最後胸節などに特異性を認める種が多く判明していることがわかる。上記の殆んど多くのものが暖流水域の種であり，黒潮系の橈脚類が多い。これは亦一方暖流水域には橈脚類の種の多いことを示す証左ともなろう。著者の研究結果から見ると前記の種の中インド洋，中部太平洋，ビキニ海域には *Heterorhabdus, Calanopia, Pachysoma* 属を除いた殆んど全部の橈脚類の雌雄が出現した。特に前記の水域には *Calanus darwinii, Euchaeta marina, Pleuromamma xiphias, Scolecithrix danae, Euchirella amoena, Corycaeus gibbulus, Cory. speciosus, Candacia aethiopica, Oncaea venusta, Acartia neligens, Clausocalanus furcatus, Clauso. pergens* 等は生殖時期に該当し，雌雄の出現率は平均し，多くの雌は抱卵しているものが多かつた。この事実から生殖期には多くの雌雄の出現比率は平均し，且多くの雌雄と観察し得るから，橈脚類の分布が判明すれば，或る程度未知の種を発見する可能性のあることが考へられる。従つて多くの水域から生殖時期に橈脚類の採集を施行すれば，更に不明種が判明することは期待されよう。

XVI. 畸形現象について

橈脚類の畸形現象についての記載は本邦に於いては森（1932）の報告があるのみで，この方

面の研究業績は尠い。この畸形のために同種のものが別種或は新種として記載されたことはよく見られるところである。著者は多くの資料について研究を試み，畸形現象は多くの場合叉肢，叉肢刺毛，最後胸節に見られることを確認した。橈脚類の叉肢刺毛は屢々分岐し，畸形を呈することがある。森（1929）はこの刺毛の分岐の特徴から，*Calanus darwinii* を *Cal. comosus* なる新種として報告し，後之を訂正した（'37)。森は亦，丸川（1908）が *Calanus orientalis* なる新種としたのも *Cal. vulgaris* と同物異名であるとした。森はこの叉肢刺毛の分岐を *Calanus vulgaris*, *Undeuchaeta plumosa* にも認めたが，著者は以上の種の外更に *Calanus pauper*, *Uudeuchaeta* sp. にも之を確めた。斯る畸形の出現は甚だ稀で，*Calanus darwinii* の場合 500 個体に 1 個体の割で出現した。この畸形現象は雌雄共出現するが，雌の方が稍々多いようである。この畸形は左右相称的に出現するときと，左或は右の刺毛のみ，第一末刺，第二末刺のみなど，不相称に出現する場合がある。叉肢刺毛の畸形は亦，*Candacia simplex* の雌に観察され，正常のものは左右相称で 6 個の刺毛を有するが，畸形は甚だしく異なり，刺毛数が半減し，その中特に一本が長く且太い。次に畸形は *Calanus darwinii* の雌の最後胸節に見られ，典型的のものは左側が右側より稍々長いが，時には左側が甚だしく長く，著しく不対称を呈するものがある（第 32 図)。

更に畸形は叉肢そのものにも見られ，特に叉肢の甚だしく長いもの，例へば *Tortanus forcipatus*, *Tor. gracilis*, *Corycaeus crassiusculus* 等に屢々観察された（第 33 図)。

後体部の長い *Oithona similis*, *Oit. plumifera*, *Oit. nana* 等の生殖節以下の諸節にも同様観察された。斯く橈脚類では畸形現象は[illegible]或は叉肢の形態，数，太さの変異は種の特徴とはならず，畸形若くは変形として取扱うべきで，種の同定に当つては特に留意せねばならない。

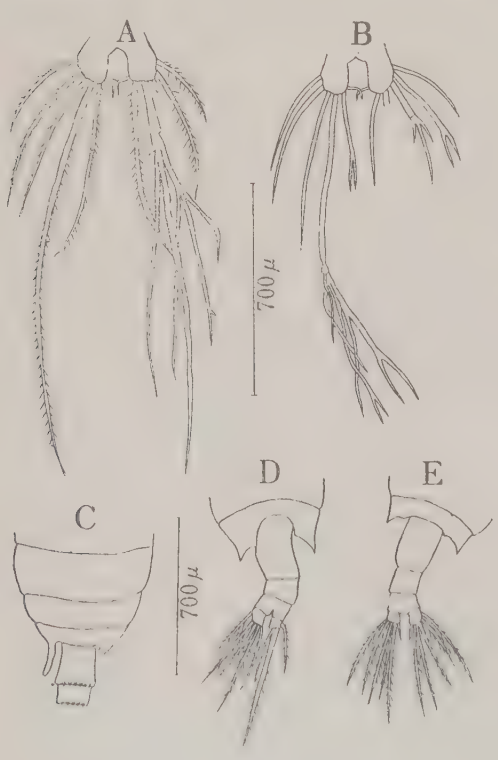


Fig. 32. Deformity of Copepods.
A. Furcal setae of *Calanus darwinii*.
B. 〃
C. Last thoracic segment of *Calanus darwinii*.
D. Furcal setae of *Candacia simplex*.
E. Normal form of *Candacia simplex*.

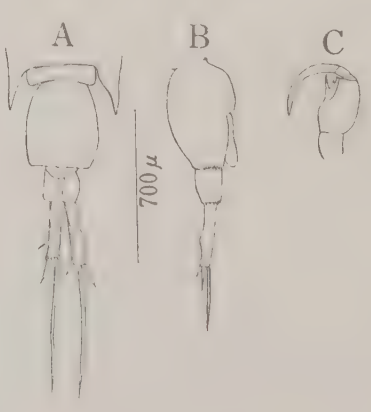


Fig. 33. Deformity of *Corycaeus crassiusculus*.
A. Male, dorsal view.
B. 〃 , abdomen lateral view.
C. 〃 , 2nd antenna.

1. *Tortanus forcipatus* の畸形 (第34図)

前体部及び後体部を典形的なものと比較すれば，前体部はよく類似するが，後体部特に叉肢に甚だしい変化が認められる。前体部と後体部の比は 59：14 である。叉肢は不相称で，右方は左方より稍々長く，叉肢の右方の外縁刺は左方より長い。第一触角は叉肢の中央に達する。第五胸肢は不相称で，右脚は左脚より長く約2倍に達する。後体部は4節よりなり，叉肢は肛門節より分離し，肛門部の長さは比較的長い。叉肢の長さは幅の約5倍で，典形的のものより幅が広い。叉肢内縁の刺毛は典形的のもの程微細ではない。

体長．1.1～1.5mm。

分布．典形的のものは瀬戸内海三田尻沖から採集したが，この畸形も同水域から採集した。

2. *Calanus minor* の畸形

本種の畸形は第一触角に見られる。正常のもの第一触角は25節からなるが，畸形のものでは左側に之を認め15節からなり，末端は数本に分岐した異常形となる。この出現率は極めて低く，ビキニ海域では *Calanus minor* が多量出現したがその中唯1個体の畸形を検出したに過ぎない。第一触角の畸形は *Acrocalanus monachus* の左側にも認められ18節からなり末端節は数条に分岐し，右側は正常で25節からなる。

3. *Labidocera pavo* の畸形

本種の叉肢刺毛は典形的なものでは左右相称であるが，畸形のものでは左側の4本の中3本は特に太く，右側の叉肢刺毛は4本共何れも細く長さも略々等しい．

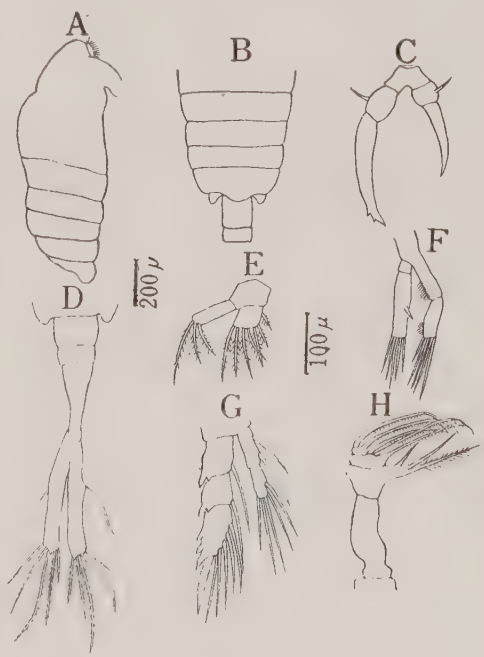


Fig. 34. Deformity of *Tortanus forcipatus*, female.
A. Anterior division, lateral view.
B. Anterior division, dorsal view.
C. 5th pair of feet.
D. Deformity of furcal setae.
E. Maxilla.
F. 2nd antenna.
G. 4th foot.
H. 1st maxillipede.

XVII. 摘　　要

1). 橈脚類の抱卵型式には体外と体内に抱卵するものとがあり，体外の場合は卵嚢1個或は2個，若くは腹部に抱卵するものと，体内の場合は子宮及び輸卵管内に蔵するものに別けることが出来る。

2). 卵嚢中に蔵される卵は一般に大型で，卵数が少い，之に反して体内に抱卵するものは小型で且つ数が多い。

3). 抱卵数の変化は緯度による差異は認められず，種々の抱卵型式は何れも浮游生活への適応現象と見做れる。

4). 生殖時期は低緯度では長く，高緯度では短い。

5). 精嚢は Gymnoplea では *Scolecithrix* 属, *Euchaeta* 属, *Eurytemora* 属, Podoplea では *Candacia* 属のものが長大である。精嚢の最長は *Rhincalanus cornutus* (1.4mm) であつた。

6). 交尾の様式は多様で, この際雄の第一触角及び腮脚が雌を捉える把握器官となり, Gymnoplea の第五胸肢及び第一触角は精嚢把握器官で又雌の生殖孔に移す移行器官ともなつている。

7). 雌の生殖孔は1或は2を有し, 生殖節の腹部若くは背部に開口し, 中には精嚢附着を容易ならしめるため特殊構造を呈するものがある。

8). 受精は総て体内受精で受精率は高い。受精卵は発生初期に体外に放下されるものと, Nauplius stage 迄卵嚢中に保護されるものとがある。

9). 1953年1月から3月に亘つて中部太平洋で生殖時期に該当した種は11属16種で, *Calanus darwinii*, *Euchaeta marina*, *Euch. wolfendeni*, *Euch. flava*, *Clausocalanus pavo*, *Scolecithrix danae*, *Centropages violaceus*, *Lucicutia flavicornis*, *Clytemnestra scutellata*, *Candacia simplex*, *Cand. truncata*, *Cand. catula*, *Sapphirina metallina*, *Sap. stellata*, *Oncaea venusta*, *Corycaeus gibbulus* があげられる。

10). *Eurytemora pacifica* は下関漁港の狭塩種で, 産卵期は比較的長く, 1月から7月に亘るが特に2月は最盛期であつた。

11). 1954年1月から2月に亘り印度洋で生殖時期に該当した種は11属19種で, *Euchaeta marina*, *Euch. wolfendeni*, *Euch. concinna*, *Calanus darwinii*, *Cal. vulgaris*, *Cal. helgolandicus*, *Haloptilus longicornis*, *Centropages furcatus*, *Cent. longicornis*, *Scolecithrix danae*, *Candacia truncata*, *Cand. bispinosa*, *Setella gracilis*, *Miracia efferata*, *Corycaeus gibbulus*, *Cory. catus*, *Cory. crassiusculus*, *Sapphirina stellata*, *Oncaea venusta*がある。

12). 1954年5月から6月に水爆実験のビキニ海域で生殖時期に該当した種属は19属39種に及びその中でも特に *Calanus darwinii*, *Cal. tenuicornis*, *Cal. robustior*, *Cal. minor*, *Euchaeta marina*, *Euchirella amoena*, *Scolecithrix danae*, *Pleuromamma xiphias*, *Pleuro. gracilis*, *Cand. truncata*, *Corycaeus speciosus*, *Cory. flaccus* が旺盛な繁殖を示した。汚染された海域で橈脚類が生存し, 而も依然として生殖をしていたことは注目に値する。

13). *Eurytemora pacifica* の変態の stage 数は Nauplius stage V で Copepodite stage VI である。成長率は必ずしも stage 数が進むにつれて増加するとは限らず, Nauplius stage から Copepodite stage えの変態は飛躍的である。

14). Copepodite stage I で頭部と胸部の分離が生じ, III で第五胸肢出現, VI で第五胸肢の境界が明瞭となる。前体部の発生順は第二, 三, 四胸部, 次いで頭節と第一胸節の分離を来たし, 第五胸節は最後に生ずる。

15). 後体部による雌雄離別可能の時期は Copepodite stage V で, 腹部は雄では5節, 雌は3節からなり, 後体部の発生順位は雌では生殖節, 肛門節, 第2節の順で, 雄では雌と同様であるが, 上記の外に第3, 第4節の順で発生する。

16). 雄の第一触角の関節化は Copepodite stage V で中央部が肥厚し, 完全な把握触角

となるのはVIで，雌の第一触角は Copepodite stage IV までは雄と同様15節からなるが，変態が進むにつれ節数が増加し，成体では25節からなり左右相称である。

17). 幼体について記載し，種の同定に際しては特に留意すべき必要のあることを明にした。記載した種は *Euchaeta marina*, *Calocalanus pavo*, *Euchirella amoena*, *Scolecithrix danae*, *Tortanus forcipatus*, *Metridia lucens*, *Pleuromamma xiphias*, *Centropages violaceus*, *Candacia curta*, *Cand. discaudata*, *Cand. bipinnata*, *Cand. truncata*, *Clytemnestra scutellata*, *Acartia erythraea* である。

18). 雌雄出現率は橈脚類の雌雄の棲息層が異るためか，生殖時期を除いては雌のみ出現したものは雄の場合より遙かに多い。

19). 橈脚類の畸形現象は叉岐刺毛，叉岐，最後胸節，第一触角に認めたが，何れもその出現頻度は低い。

第4章　分類に関する研究

Chapter IV. Studies on the Systematics of Copepoda.

I. 序　　説

海産浮游橈胸類に関する分類学的研究は欧米では，CLAUS, C., BRADY. G. S., GIESBRECHT, W., GIESBRECHT und SCHMEIL, O., EASTERLY, C. O., BREEMEN, P. G., SCOTT, A., FARRAN, G. P., WOLFENDEN, R. N., WITH, C., WILSON, C. B., STEUER, A., SARS, G. O. など多くの業績を見るが本邦に於いては佐藤（1913, '15a, '15b），森（1937），小久保（1938, '50, '52），山田（1933, '38），田中（1935, '36），安楽（1952, '53, '54），本城（1952）等の報告を見るのみであるが，就中森（1937）の業績は特記すべきものがある。著者は既に東支那海，黄海，日本海，瀬戸内海の出現プランクトン及び新種を日本水産学会誌，水産講習所研究報告に発表した。更にその後採集を北部太平洋，中部太平洋，南部太平洋，印度洋及びビキニ水域に実施し暖流系，寒流系プランクトンに就いて上記諸先輩の研究報告と比較対照し形態学上の別の観点から，新知見を加へ或は補足しながら本邦近海水域の出現プランクトンの中，新種特に重要なもの，特徴の著しいものなどについて，形態学的に分類学上の研究結果を記述した。

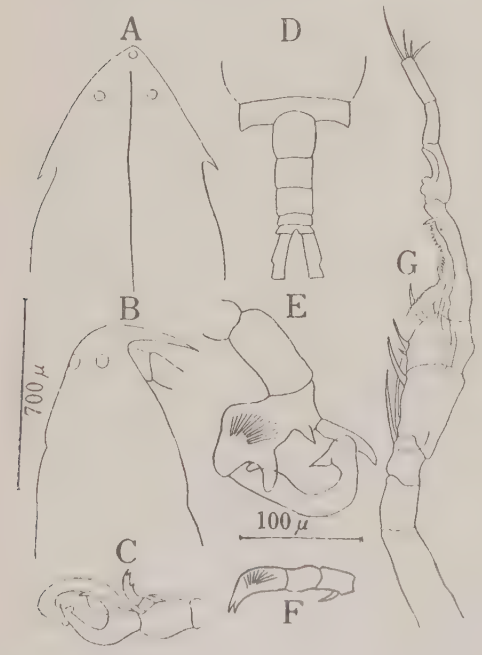


Fig. 35. *Pontella indica* sp. nov., male. A. Head, dorsal view. B. Head, lateral view. C. 5th pair of feet. D. Posterior division. E. 5th right foot. F. 5th left foot. G. 1st Antenna.

II. 新種及び指標種の記載

1. *Pontella indica* sp. nov. (第35.36図)

記載　雄．頭部は先端稍々隋円形を呈し，尖った側鉤を有し，第一胸節から分離する。頭部には4個のレンズ眼即ち一対のレンズ眼と1個の吻眼及び1個の腹眼を有する。最後胸節の両後角は円味を帯びる。前体部は6節からなり，背部に中央隆起を有する。後体部も6節からなり，前体部と後体部の長さの比は 3：1 である。生殖節は後体部の中最も長く，第四節及び肛門節は甚だ短い。前体部及び後体部諸節の長さは次の割合である。

前体部諸節	1	2	3	4	5	6	
	46	20	12	10	10	2	= 100
後体部諸節	1	2	3	4	5	furca	
	29	17	17	4	4	29	= 100

第一触角の右側のものは変形して把握触角となり，その中央節は特に膨大する。関節化した直後の節の前縁には鋸歯状棘を有す。第五胸肢は左右不相称で，右胸は鋏状肢となり，一方は内方に甚だしく彎曲する。叉肢は長く幅の約4倍となる。

雌．体の外形は雄のそれとよく類似し，背面に中央隆起と側鉤を有する。前体部は6節，後体部は4節からなり，その長さの比は3.4：1でそれらの諸節の長さの割合は次のようである。

前体部諸節　1/41　2/24　3/12　4/11　5/8　6/4　= 100

後体部諸節　1/20　2/15　3/27　furca/38　= 100

第一触角は24節からなり，伸長すれば第四胸節の中央に到達する。

第二触角の内葉は外葉より少し短い。第二胸の外葉は2節からなり，第三，第四，第四胸の外葉は3節からなる。第一胸の内葉は1節からなり，第二，第三，第四脚のそれは2節からなる。第五脚は *pontella* 属の他の種のそれとは甚だ異あり，2個の基節は膨大し内葉は外葉の三分の一の長さで，先端は分岐することなく鈍円形を呈する。外葉の基部の幅は内葉の2倍あり，先端程細くなり，外縁に短い2小棘を有する。

近縁種との相違点，本種は *Pontella spinicauda* に類似するが，最後胸節の両後面の形態及び第五胸肢が異なり，*Pontella gracilis* とは背面の中央起隆と最後胸節の両後角の形態が異なるので *Pontella indica* sp. nov. とした。

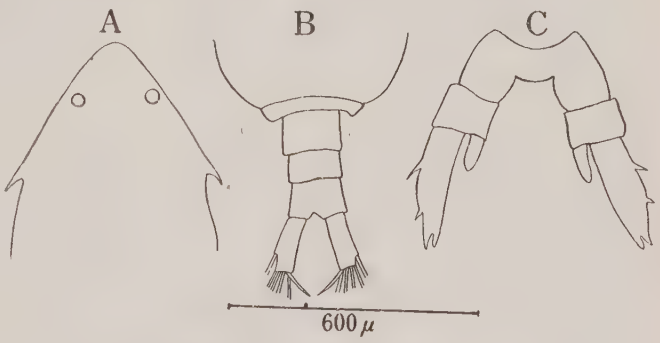


Fig. 36. ***Pontella indica*** sp. nov., female
A. Head, dorsal view. B. Posterior division. C. 5th pair of feet.

体長．雄，2.4～2.6 mm，雌，1.8～2.2mm。

分布．本種は印度洋から雌雄共採集した（st. 97, 98）。

2. *Centropages pacificus* sp. nov. (第37図)

記載　雄．体の背面に小刺毛密生し，前体部は6節からなり，後体部は5節からなる。其等の長さの比は3：1で，諸節の長さの比は次の通りである。

前体部諸節

1　2　3　4　5　6
47　17　10　11　10　5
= 100

後体部諸節

1　2　3　4　furca
13　17　13　10　47
= 100

第一触角の右側のものは把握触角となり，鋸歯状の

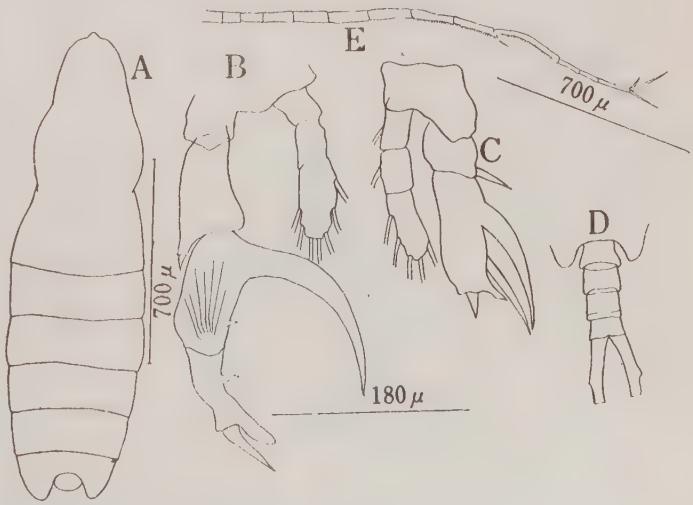


Fig. 37. ***Centropages pacificus*** sp. nov.
A. Anterior division, dorsal view. B. Left foot. C. Right foot. D. Posterior division. E. 1st antenna.

関節を有する．第五脚の左側は外葉2節，内葉3節からなり，末端節は先端に2棘，外縁に強靱な長棘1を有する。右脚は外葉3節からなり，末端は鋏状を呈し，内縁に2小棘，外縁に1棘を有する。内葉は3節からなる。

他種近縁種との相違点．本種は *Centropages calaninus* と類似するが第五胸脚の構造に明瞭に相違を認め，亦 *Cent. violaceus* とは同様に第5脚が異るので新種とした。

体長．1.5～3.1mm。

分布．ビキニ海域から雌のみ10個体採集した（st. 148, 159）。

注意．体内に長さ450μの精嚢1個を有する成体を検出した。

3. *Haloptilus pacificus* sp. nov.（第38図）

記載　雌．体は透明で前体部は五節からなり，後体部は四節からなる。それ等の長さの比は14：5である。前体部及び後体部の諸節の長さの比は次の通りである。

前体部諸節　$\frac{1}{54}\ \frac{2}{18}\ \frac{3}{9}\ \frac{4}{8}\ \frac{5}{11} = 100$、

後体部諸節　$\frac{1}{52}\ \frac{2}{14}\ \frac{3}{14}\ \frac{\text{furca}}{20} = 100$

第一触角は25節からなり，末節及びその前方節は夫々一本の羽状刺を有する。第一触角を伸長すれば体長を越しその 16, 18, 20, 23, 24, 節は長刺を有する。第二触角の内葉は外葉よりも遙かに長い。最後胸節の両後角は円い。生殖節は長大で他の3節の和より稍々長く，膨出する．第五脚は左右相称で夫々5本の叉肢棘毛を有しその中1本は特に長く，内葉は3節からなる。外葉は3節からなり，末端節の内縁に4羽状刺毛を有する。本種は第一触角及び叉肢刺毛の甚だ長い特長を有し，明らかに他種と区別出来るので新種とした。

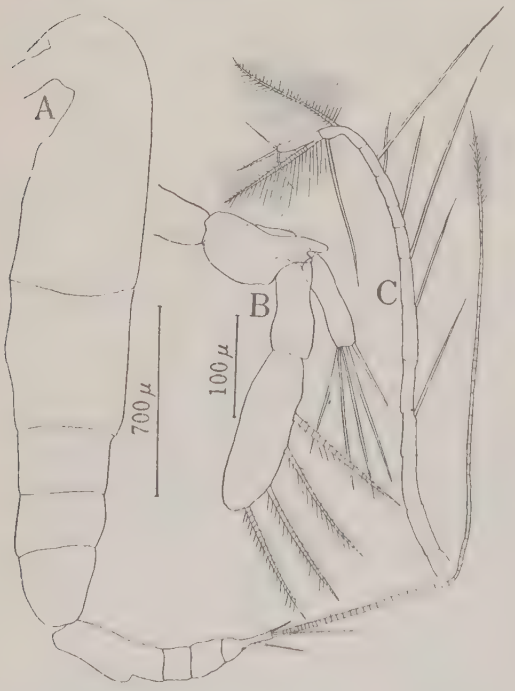


Fig. 38. *Haloptilus pacificus* sp. nov., female.
A. Lateral view. B. 4th foot. C. 1st antenna.

体長．3.2mm。

分布．ビキニ海域から雌のみを採集した（st. 143）。

4. *Undeuchaeta japonica* sp. nov.（第39図）

記載　雌の前体部は5節，後体部も同様に5節よりなる。最後胸節は円く，生殖節は相称形である。前体部及後体部諸節の長さの比は次の様である。

前体部諸節　$\frac{1}{58}\ \frac{2}{13}\ \frac{3}{11}\ \frac{4}{9}\ \frac{5}{9} = 100$

後体部諸節　$\frac{1}{12}\ \frac{2}{28}\ \frac{3}{20}\ \frac{4}{14}\ \frac{5}{8}\ \frac{\text{furca}}{18} = 100$

第一触角は23節よりなる。延長すれば肛門節の端に達する。叉肢の長さと幅の比は

3：2である。第五胸肢はない。叉肢刺毛中の刺は未まだ崎形現象を呈し，左方第一，第二，第三，未だ刺，右方の第一，第二，未刺は夫々分岐する。本種は *Undeuchaeta major*, *U. plumosa* に類似するか次の様な相似，相違が挙げられ，新種と認められる。

類似点．第一胸肢の外葉は2節よりなり，第二胸肢より第四胸肢迄の外葉は3節よりなる。第一胸肢の内葉は1節よりなり，第二より第四胸肢迄の内葉は3節よりなる。

相違点．*U. major* の雌は frontal crest を有し，Metasome の後方隅は尖る。*U. plumosa* は frontal organ を有しないが，生殖節の背部表面に一刺を有する。本種はfrontal crest も刺もなく，前二者は体長何れも大で 3.2～4.5mm であるに反し，本種は小形で 1.34mm に過ぎない。

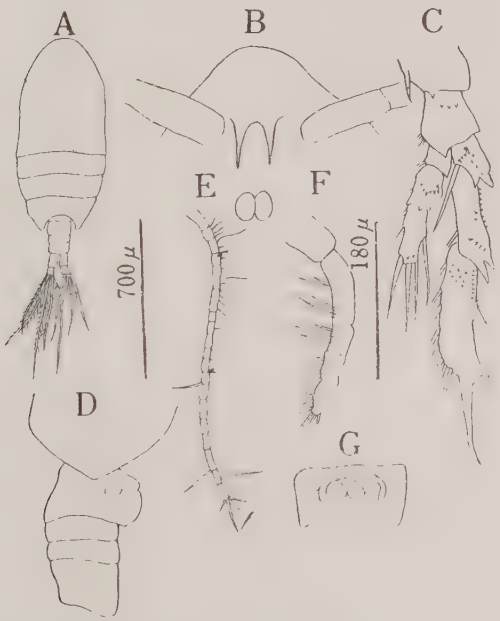


Fig. 40. *Scolecithricella pacifica* sp. nov., female.
A．Dorsal view. B．Head, ventral view. C．4th foot. D．Abdomen, lateral view. E．1st antenna. F．maxilliped. G．Genital segment.

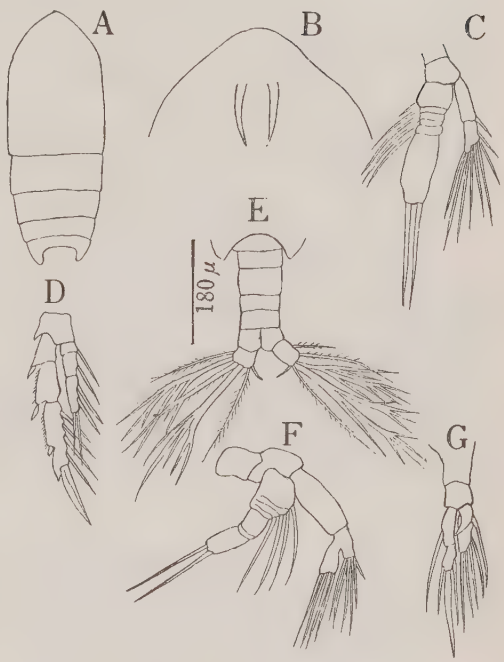


Fig. 39. *Undeuchaeta japonica* sp.nov.
A．Female, anterior division. B．Female,head, ventral view. C．Female, 2nd antenna. D．Female, 4th foot. E．Female, posterior division. F．Female, 2nd antenna. G．Female, 1st foot.

分布．上海沖で Aug. 6. 1952 本種の雌のみを採集したが出現は尠い。

5. *Scolecithricella pacifica* sp. nov. (第40図)

記載　雌．第一触角は24節からなり延長すれば最後胸節末端に辛じて到達する。前体部と後体部との長さの比は 4.5：1である。前体部は4節からなり，後体部は5節からなる。第三胸節の外葉末節の3個の外縁棘は共に他脚のそれより長い。第三胸肢の外葉第2，第3節には多くの短棘を有し，第四胸肢の内葉第2節には5～7個の短棘を有す。第五胸肢は左右相称で，末節は西洋梨子状を呈し，内縁には頑丈な1長棘と先端に1小棘を有す。生殖節の長さは殆んど他の3節の和の長さに等しく，叉脚の長さは幅より大で叉肢刺毛は

4本あり，各々その約½のところに関節を有す。

体長．0.7～1 mm。

分布．本種はアリューシャン群島沖から雌のみを採集した。

注意．本種は *Scoleithricella orientalis*, *S. spinicauda* に胸肢外形がよく類似するが，第五胸肢及び第一触角の節数などが明に異なるので新種とした（st. 47, 48）。

6. *Acartia erythraea* male nov.（第41図）

A. erythraea, GIESBRECHT, 1892, GIESBREHT u. SCHMEIL, 1898, SCOTT, A. 1909, MORI, T. 1937.

雌．吻糸は甚だ頑丈で，前体部は5節よりなり，最後胸節の両側後角は突出して尖り，2本の附属棘を有す。前体部と後体部との長さの比は4：1である。第一触角は19節からなり，延長すれば叉肢の末端に到達する。第一触角の基節には比較的大きな棘を有し，第2節から第3節の表面には8～10棘を有する。第二触角の内葉は外葉の約3倍である。生殖節はその次節の約2倍で，次節の二棘より長い2本の背棘を有する。叉肢は細刺毛を有し，長さと幅は略々等長である。第五脚の末端爪は彎曲する。

体長．1.02～1.32mm。

雄．吻糸は雌と同様頑丈であるが，最後胸節の両側後角は雌の様に突らず，稍々円い。最後胸節は背面から見ると3個の短棘を有する。前体部と後体部との長さの比は9：5である。第一触角の右方は16節からなり把握触角となる。左方は19節からなり，基節は雌と同様1棘を有するが，第2節より第5節の外縁には12～15の小棘を有する。第五胸肢は右左不相称で，右脚は4節からなり，第3節の内縁に膨出突起を有する。末端は蠕虫状附属物を有する。腹部は5節よりなり，それ等の長さの比は次の様である。

後体部諸節	1	2	3	4	5	furca
	22	26	22	5	14	11

= 100

第2節は第4節の4棘より長い3棘を有する。叉肢は左右相称で，長さと幅は略々等長である。

体長．1.17～1.32mm。

分布．本種の雌は紅海，太平洋，印度洋，朝鮮東海岸から報告されたが，著者は雌雄を東支那海から採集した（st. 296）。

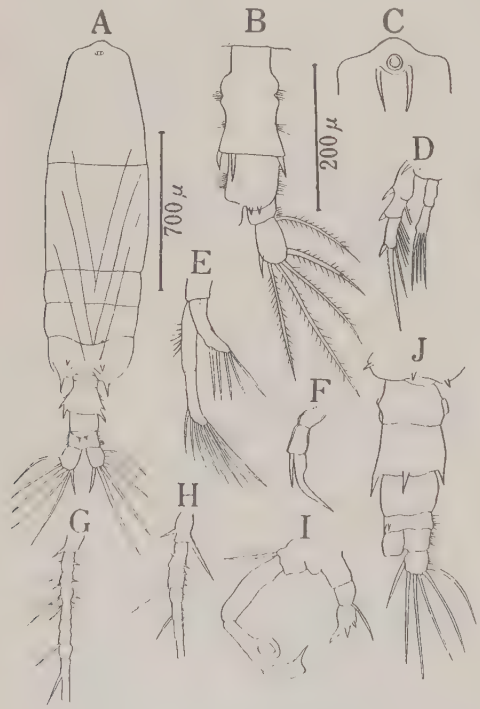


Fig. 41. *Acartia crythrea*.
A. Female, dorsal view.
B. 〃 , posterior division
C. 〃 , head, lateral view.
D. 〃 , 4th foot.
E. 〃 , 2nd antenna.
F. 〃 , right 5th foot.
G. 〃 , 1st antenna.
H. Male , 1st antenna.
I. 〃 , 5th pair of feet.
J. 〃 , posterior division.

7. *Pseudodiaptomus marinus* SATO (第42図)

雌．頭は第一胸節と完全に離れるが，第四，第五胸節は癒合する。最后胸節の側縁は嘴状突起となる。前体部は長さ約700～750μ，幅は300～400μである。後体部は5節からなり長さ約600μ位で，生殖節は稍々球形を呈し，その後縁及び第二，第三腹節の後縁は鋸歯状を為す。叉肢の長さは幅の約4倍で内縁に刺毛を有す．第一触角は22節からなり延長すれば腹部第2節の後端に達する。第五脚は4節からなり，第1，第2及び末節は短く第3節は延長する。末節末端は棘状となり二棘を有する。本種は生殖孔に卵嚢1個を有しその長さは280μ幅は約320μで，嚢内に35～50個の卵を蔵する。

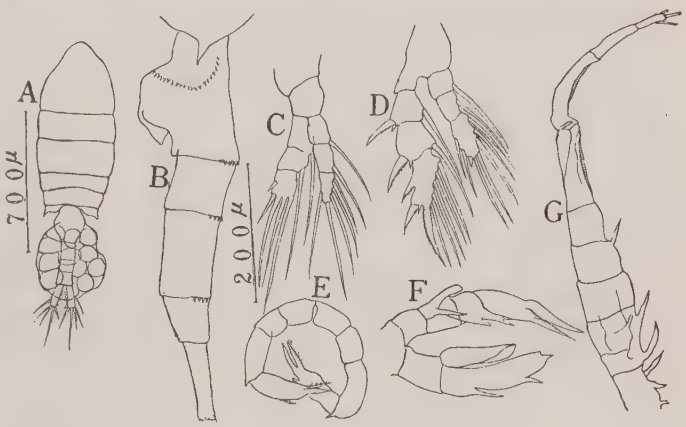


Fig. 42. *Pseudodiaptomus marinus.*
A. Female, dorsal view. B. Female, lateral view. C. Female, 1st foot. D. Female, 4th foot. E. Female, 5th pair of feet. F. Male, 5th pair of feet. G. Male, 1st antenna.

雄．第五脚の右脚は第二基節内側に一個の長棘と三叉状の棘を有し，外葉は3節からなり内葉を缺く，外葉末節は鉤状を呈する左脚は外葉2節内葉1節よりなり，末節は扁平で外縁に大小二棘あり，内葉末端は稍々尖る。第一触角に把握触角となり肥厚する。

体長．雌．1.4～1.6mm，雄．1～1.4mm。

分布．本種は雌雄共九州有明湾に普通に出現した。

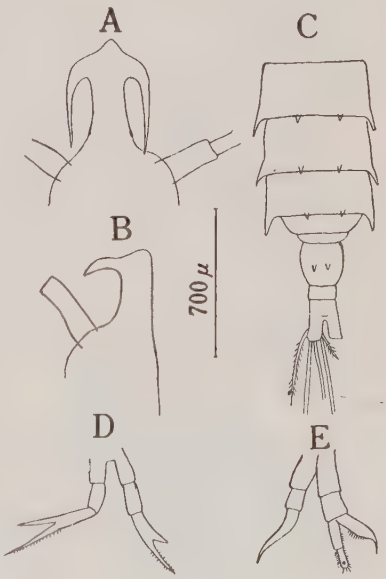


Fig. 43. *Rhincalanus cornutus.*
A. Female, head.
B. Male, head, lateral view.
C. Female, ventral view.
D. 〃 , 5th pair of feet.
E. Male, 5th pair of feet.

8. *Rhincalanus cornutus* Dana
(第43図)

R. cornutus, DANA, 1852, BRADY, 1883, GIESBRECHT, 1892, SCOTT, T. 1894, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, BREEMEN, 1906, SCOTT, A. 1909, SCHMAUS, 1927, SARS, 1925, FARRAN, 1929, MORI, T. 1929, WILSON, 1932, TANAKA, 1935

雌．頭部前端は嘴状に突出する。吻糸は側方に分岐し背面からも見える。腹部は3節よりなり，胸部の各節と各腹節は背面から見ると2棘を有する。第一触角は23節よりなり，体長より稍々長い。その第1節は長く，第2より第5節の和に等しい。第五脚は3節よりなり鋏状を

なし内側に鋸歯をする。

体長. 3.9mm。

雄. 前体部は5節からなり，諸節の長さの比は次の様である。

$$\text{前体部諸節}\quad \frac{1}{70}\ \frac{2}{9}\ \frac{3}{10}\ \frac{4}{7}\ \frac{5}{4} = 100$$

第五脚は不相称で，右脚は単葉で3節からなり，殆んど真直な末端爪を有す。左脚は2葉からなり，その長さ略々等長，細刺毛を有し，内葉第1節は第2節より長い。

体長. 3.10mm。

分布. 太平洋，大西洋の熱帯及び亜熱帯，Guinea 湾，本邦では黒潮，対馬水域から報告されたが，著者は五島沖，仙崎沖で雄雌を採集した。

9. *Haloptilus ornatus* (GIESBRECHT) (第44図)

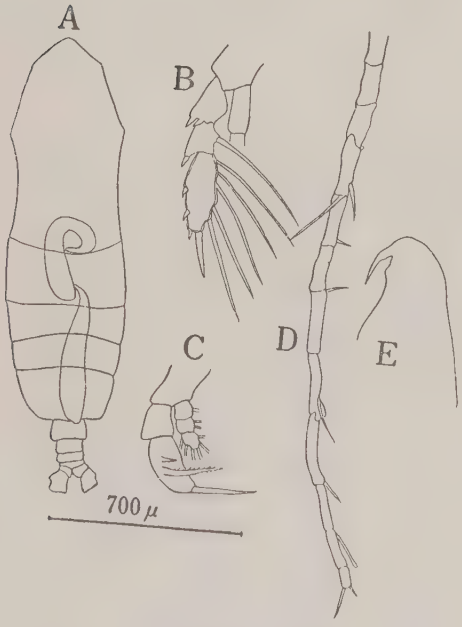


Fig. 44. *Haloptilus ornatus.*
A. Dorsal view.
B. Left 5th foot.
C. Right 5th foot.
D. 1st Antenna.
E. Head, lateral view.

Hemicalanus ornatus, GIESBRECHT, 1892. *Haloptilus ornatus*, GIESBRECHT und SCHMEIL, 1898, BREEMEN, 1906, SCOTT, T. 1909, SARS, 1925.

雄. 本種の雄については GIESBRECHT und SCHMEIL(1898) が簡単に記載しているが之を補えば次のようである。前体部と後体部の比は5：1で，前体部及び後体部諸節の長さの比は

$$\text{前体部諸節}\quad \frac{1}{60}\ \frac{2}{13}\ \frac{3}{6}\ \frac{4}{9}\ \frac{5}{12} = 100$$

$$\text{後体部諸節}\quad \frac{1}{32}\ \frac{2}{24}\ \frac{3}{12}\ \frac{4}{6}\ \frac{5}{8}\ \frac{\text{furca}}{18} = 100$$

頭部はその尖端が雌と同様鈍三角形を呈し，最後胸節の両後角は円味を帯びる。第一脚から第四脚までは雌と類似するが第五脚は左右不相称で，右脚外葉の末節は長い頑丈な棘と外縁棘2を有し，その1は長い棘となり他は短い。左脚外葉の末端棘は右脚と同様であるが，外縁棘は2本とも短い。第一触角の右側は21節からなり把握触角となり，左側は伸長すれば体の後端に到達する。体内に精嚢2個を認め，比較的長く (800～900μ) 且つ細い。

体長. 3～4.2mm。

分布. ビキニ海域から採集し出現頻度は中である (st. 138, 139, 140, 145, 147, 148, 150, 154)。

10. *Pontella meadii* WHEELER (第45図)

Pontella meadii WHEELER. WILSON, C. B. 1950.

雄. 前体部，後体部は共に6節からなり，両者の長さの比は3：1である。前体部及び後

体部諸節の長さの比は次のようである。

	1	2	3	4	5	6	
前体部諸節	46	19	14	15	4	5	= 100

	1	2	3	4	furca	
後体部諸節	22	13	15	10	40	= 100

側鉤は小さく後方に尖る。第一触角は右が把握触角となり中央部は肥厚する。叉肢は左右相称で，その長さは幅の約3倍である。第五脚は右側の末端節は尖り，肥厚部は栂指状突起2個の太い棘及び1棘を有する。左脚は4節からなり，末端節は2等長棘と細い2棘を有し，表面に多くの細毛を有する。本種は前体部中央背側各節に黒点各1を有するのが特徴である。

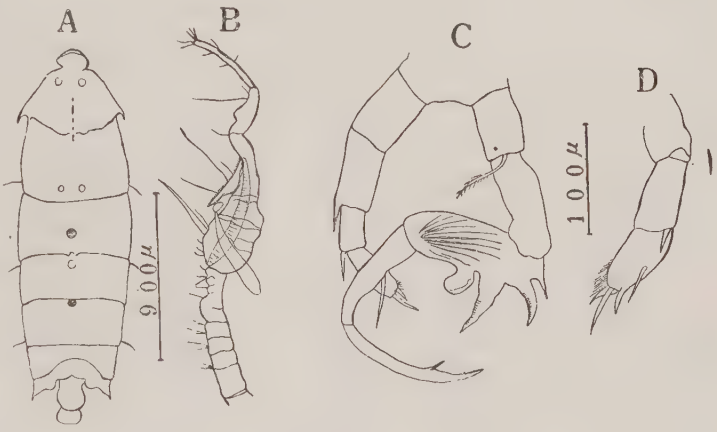


Fig. 45. ***Pontella meadii.***
A. Anterior division, dorsal view.
B. 1st antenna with spermatophor.
C. 5th pair of feet.
D. Left foot.

体長. 3.0～3.5mm。

分布. 印度洋から雄のみ採集したが，その出現頻度は低い (st. 91, 97)。

11. *Undeuchaeta minor* (Lubbock) (第46図)

雌. 本邦に於ては *Undeuchaeta minor* の雄の記載はあるが雌の記載はない。本種については Giesbrecht und Schmeil 1898 P. 34 に簡単に記載したに過ぎない。頭部は第一胸節と癒合し，第四，第五胸節も癒合する。吻は分岐せず。中央背隆起は明かに之を認める。最後胸節の両後角は円い。前体部と後体部諸節の長さは次のようである。

	1	2	3	4	
前体部諸節	71	12	10	7	= 100

	1	2	3	4	furca	
後体部諸節	38	22	22	7	11	= 100

生殖節は左右不相対で，右方外縁に一棘，左側に数個の小棘を有する。肛門節は短小である。叉肢の幅はその長さより大で，その内縁に

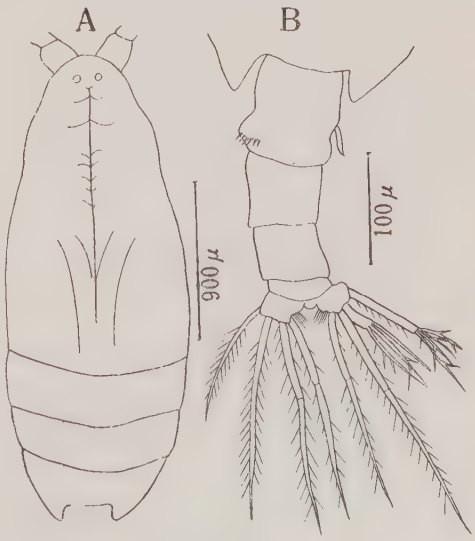


Fig. 46. ***Undeuchaeta minor.***
A. Anterior division, dorsal view.
B. Posterior division.

多くの細刺毛を有す。4本の叉肢刺毛は不相対で，往々畸形現象を呈する。即ち右方の第3第4刺毛は変形して数本に分岐する。

体長．4.0～4.2mm。

分布．本種はビキニ海域から之を採集したが出現濃度は低く，2個体を採集したに過ぎない(st. 134)。

注意．*Undeuchaeta minor* は *Und. plumosa* と synonym である。

12. *Scottocalanus helenae* (LUBBOCK) (第47図)

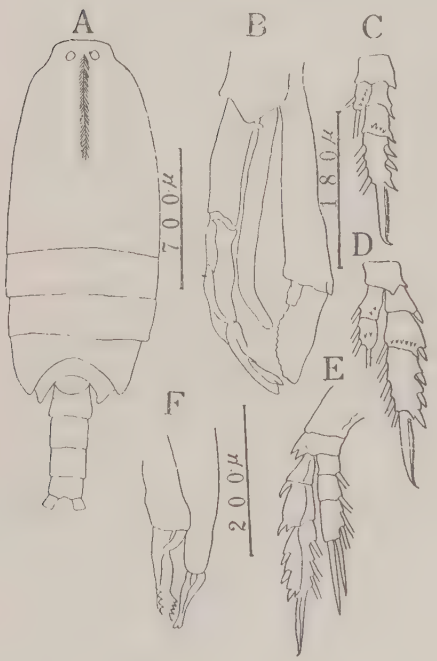


Fig. 47. *Scottocalanus helenae*, male.
A. Dorsal view.
B. 5th pair of feet.
C. 1st foot.
D. 3rd foot.
E. 4th foot.
F. 5th pair of feet.

Scolecithrix securifrons, SCOTT. 1894, *Undina helenae*, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898. *Scottocalanus helenae*, SCOTT, A. 1909, MORI, T. 1837.

前体部は5節，後体部は6節よりなり，頭部背面の中央は隆起する。頭部及び第一触角は *Candacia* のそれと類似する。吻は分岐し，前体部と後体部の比は 13：4 である。第一触角は20節よりなり *Candacia* と同様に基部の諸節は太く，先端は次第に細くなる。第一胸肢の外葉は3節よりなり，内葉は1節である。外葉及内葉第2節は共に短い4～7個の棘を有する。第三胸肢の外葉，内葉は共に3節よりなり，外葉2節目及び内葉2，3節目に数個の短刺を有する。第五胸肢は左右不相称で，右脚の外葉は3節よりなり，第2節は彎曲し，内葉は1節よりなり，外葉第2節に達し且彎曲する。右脚の基部の第2節は膨出する。左脚の外葉は2節よりなり末節は広く，外縁は鋸歯状をなす。内葉は短い1節のみである。

体長．2.3～2.8mm。

分布．森は朝鮮東海岸から2個体採集したが，著者は中部太平洋で採集したが出現度は低い(st. 83, 84, 85, 87, 88)。

13. *Scolecithrix danae* (LUBBOCK). (第48図)

Scolecithrix danae, BRADY., 1883, GIESBRECHT, 1892, SCOTT, T. 1894, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, ESTERLY, 1905, BREEMEN, 1906, SCOTT, A. 1909, WILSON, 1932, MORI, T. 1937.

雌．前体部は5節よりなり，背面から見ると楕円形を呈する。頭部の長さは中より稍々大で約10：7である。前体部の諸節の長さの比は次の様である。

$$\text{前体部諸節} \quad \frac{1}{55}\ \frac{2}{15}\ \frac{3}{15}\ \frac{4}{10}\ \frac{5}{5} = 100$$

第一触角は19節よりなり，延長すれば胸節の末端を越す。最後の胸節は腹側にシヤベル状をして突出する，叉肢の刺毛は略々等長である。第五胸肢を缺き，第四胸肢の内葉の長さは外葉の約半分である，

体長．1.92～2.21mm。

雄．前体部は5節よりなり，腹部は4節よりなる。前体部と後体部の長さの比は3：1で，頭部の長さは幅より大で 13：10 である。第一触角は17節よりなる。第五胸肢は左右不相称で，右脚は単葉で，左脚は2葉からなり，外葉は3節，内葉は1節からなる。

体長．1.90mm。

分布．本種は暖流水域に普通に出現するが，著者も種ケ島沖（1952, 4, 12）及び中部太平洋ビキニ水域から之を採集した。中部太平洋に於いては特に出現度は高い（st. 83, 84, 85, 86, 87, 88）。

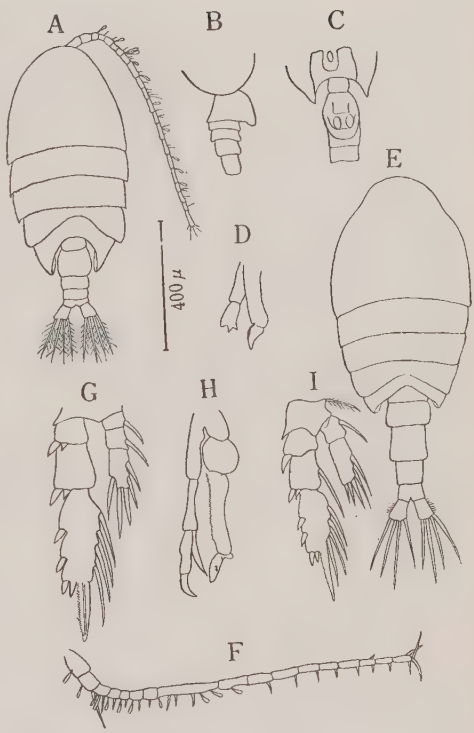


Fig. 48. *Scolecithrix danae.*
A．Female, dorsal view. B．Female, lateral view. C．Female, ventral view. D．Male, 5th foot, immature E．Male, dorsa view. F．Male, 1st antenna. G．Male, 4th foot. H．Male ,5th pair of feet. I．Male, 3rd foot.

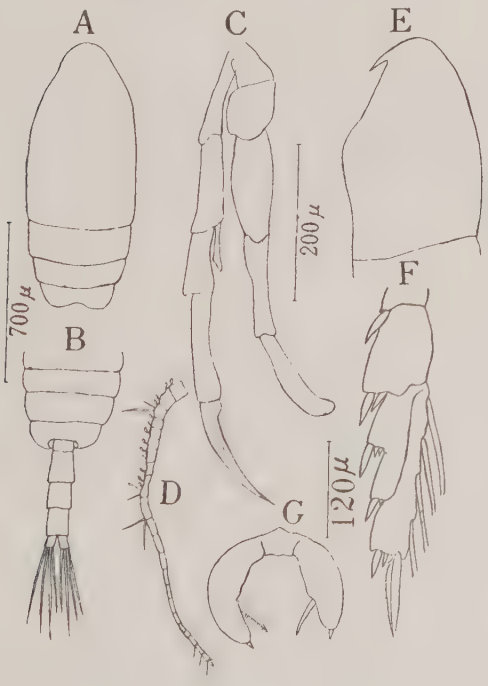


Fig. 49. *Scolecithricella minor.*
A．Anterior division, dorsal view, male.
B．Posterior division, dorsal view, male.
C．5th pair of feet, male.
D．1st antenna , male.
E．Head, lateral view, male.
F．4th foot, female.
G．5th pair of feet, female.

14. *Scolecithricella minor* (Brady)（第49図）

Scolecithrix minor, Brady, 1883, *Scolecithricella minor*, Sars, 1903, *Scolecithrix minor*, Breemen, 1906, Sato, 1913, *Scolecithricella minor*, With, 1915, Sars, 1925, Wilson. 1932, Mori, 1937。

雌．頭部と第一胸節及び第四，第五胸節は完全に癒合し，前体部は4節からなる。

後体部は6節からなり，肛門節は特に小で，前体部と後体部の長さの比は2：1である。第五胸肢は左右相称で，両肢共1節で内縁に1個の細い長棘と，先端に1個の短棘を有する。第一触角は22節からなり，延長すれば前体部後端に達する。外縁に多くの桿状刺を有し，その第10節目から稍々下方に彎曲し，本種の一特徴を示す。

体長．1.2～1.5mm。

雄．前体部と後体部の長さの比は 2.5：1である。第五胸肢は左右不相称で，右脚は単葉からなり，末節はシャベル状をなし外方に彎曲する。左脚は2葉からなり，内葉は1節で，その長さは外葉第2節の中央を越す。外葉は3節からなり末節は伸長してその尖端は鋭く尖る。

体長．1.5～1.7mm。

分布．太平洋，大西洋，北洋から報告され，又本邦では金華山沖より報告されたが，著者はアリューシャン沖から之を採集し，ここでは優占種として出現し，明かに寒流性プランクトンの指標種と考えられる　(st. 50, 52, 53, 55, 57)。

15. *Gaetanus armiger* (GIESBRECHT) (第50図)

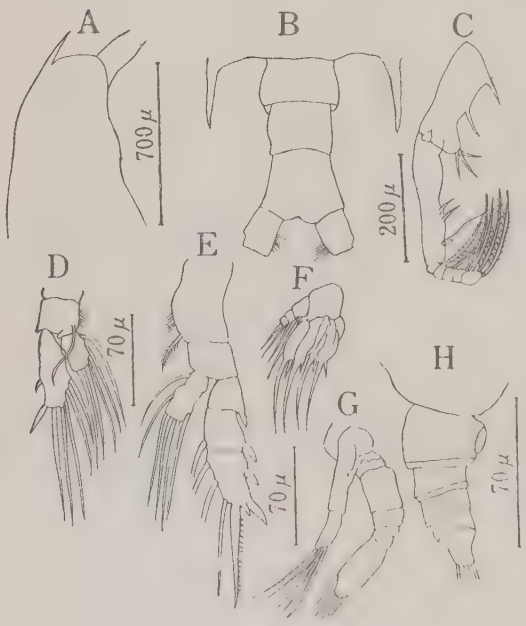


Fig. 50. *Gaetanus armiger*, female.
A. Head, lateral view.
B. Posterior division.
C. maxilliped.　D. 1st foot.
E. 2nd foot.　F. 2nd maxilla.
G. 2nd antenna.
H. Posterior division, lateral view.

Gaetanus armiger, GIESBRECHT, 1892, BREEMEN, 1906, SCOTT, A. 1909, SARS, 1925, MORI, T. 1937.

雌．頭端の棘は突出し，最後胸節の左右後角は突出し，其の先端は生殖節の中央を越す。第一触角は体長より短い。第二触角の外葉第2節の内縁に小隆起を有し先端に3棘を有す。前体部と後体部の長さの比は約4：1である。

体長．3.5～3.92mm。

分布．本種は大西洋，太平洋，印度洋，本邦では出現量少なく，森が金華山沖及び北海道近海から之を報告したが，著者はアリューシャン諸島沖から之を採集した。

16. *Centropages violaceus* (CLAUS) (第51図)

Ichthyophorba violacea, CLAUS, 1863, *Centropages violaceus*, GIESBRECHT, 1892, SCOTT, T., 1894, GIESBRECHT u. SCHMEIL 1898, MORI, T. 1929.

雄．前体部は6節よりなり，後体部は5節よりなる。前体部と後体部との長さの比は7：3である。左の第一触角の末端5節は体長を越す。右方は把握触角となり23節よりなり，第17節

及び第18節の2節に膝曲化して鋸歯状棘を有す。

第五胸肢の右方は栂指状をなし，その先端は著しく曲る。左脚の外葉第2節には2個の外縁棘を有する。叉肢は長く幅の3.5倍である。

体長．2.2～2.4mm で森の1.8mm より稍々大である。

分布．森は本種を朝鮮海峡，奄美大島沖，潮岬，金華山沖から8月に採集したが，若者は中部太平洋から稀に検出した（st. 83）。

17. *Centropages gracilis* (Dana)（第52，53図）

Hemicalanus gracilis, Dana, 1852, *Centropages gracilis*, Giesbrecht, 1892, Giesbrecht u. Schmeil, 1898, Scott, A. 1909, Mori, T. 1937.

雌．最後胸節の両側後角は円く，前体部は6節からなり，後体部は4節からなる。胸部表面には細刺毛を有す。前体部と後体部との長さの比は3：1である。腹部第2節には短かい数本の棘を有する突起がある。第一触角は長く，延長すれば先端の7節は

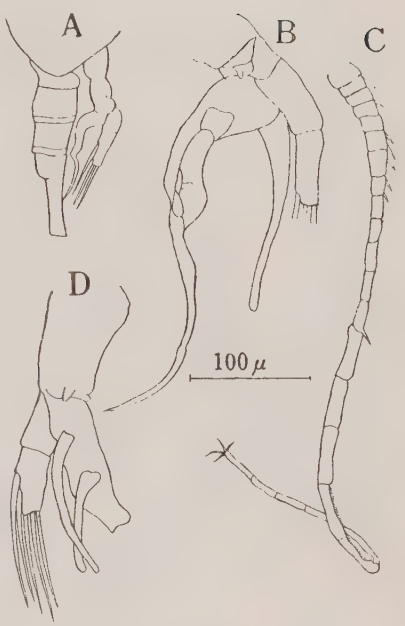


Fig. 51. *Centropages violaceus*, male.
A. Lateral view.
B. Right 5th foot.
C. 1st antenna.
D. Left 5th foot.

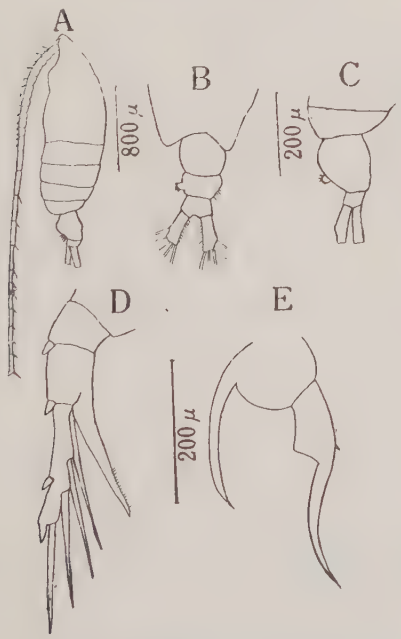


Fig. 52. *Centropages gracilis*.
A. Female, lateral view.
B. 〃 , venteal view.
C. 〃 , lateral view.
D. 〃 , 5th foot.
E. Male , 5th pair of feet.

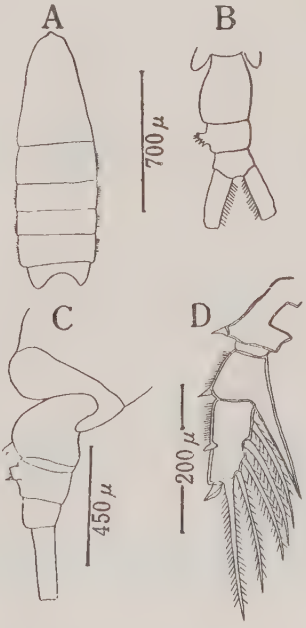


Fig. 53. *Centropages gracilis*.
A. Female, anterior division, lateral view.
B. 〃 , ventral view.
C. 〃 , ventral view.
D. 〃 , 4th foot.

体長を越す。叉肢は左右相称である。第五胸肢の外葉第2節には頑強な長棘が有り，これは次の第3節の末端に到達する。第一節には大きな缺刻があり，第2，第3節の外側縁には細刺毛を有す。生殖節には1本の下方に向つた棘がある。

体長．2.0～2.5mm。

雄．第五脚の爪状末節は棍状をした爪状棘より長く内側に三角形状突起，外側に1小棘を有する。

体長．1.8～2.5mm。

分布．本種は太平洋，印度洋，東支那海，奄美大島，台湾沖，八丈島沖から報告さがたが著者はギルバート，フエニツクス諸島沖から採集した（st. 83, 84, 86）。

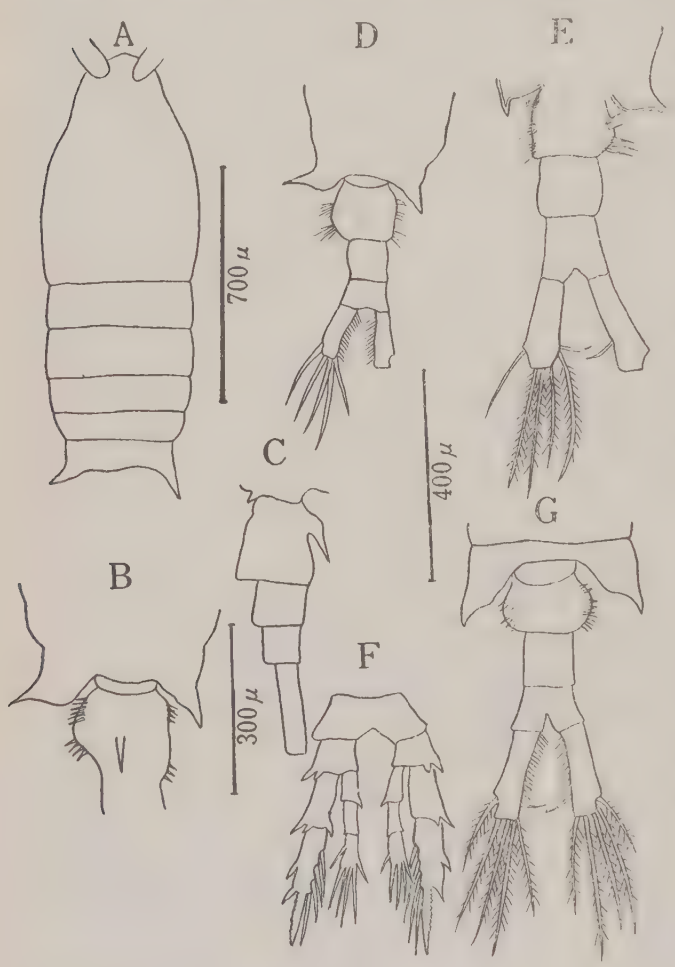


Fig. 54. *Centropages abdominalis*, female.
A. Ventral view. B. Abdomen, ventral view. C. Abdomen, lateral view. D. Abdomen, ventral view. E. Dorsal view. F. 4th foot. G. Ventral view.

18. *Centropages abdominalis* SATO（第54図）

Centropages abdominalis, SATO, 1913, MORI, T. 1937.

雌．頭部は胸節から分離し，前体部の諸節の長さの比は次の様である。

前体部諸節

1	2	3	4	5	6	
50	17	12	11	7	3	= 100

前体部と後体部との長さの比は27：10である。最後胸節の両側後角は突起状で右相称である。後体部の諸節の長さの比は次の様である。

後体部諸節　$\frac{1}{33}$　$\frac{2}{19}$　$\frac{3}{12}$　$\frac{\text{furca}}{36}$　= 100

生殖節は腹側に1本の棘を有する。叉肢は内側に細い刺毛を有し，長さは幅の3倍である。第一触角は24節からなり，最先端節はその前節と癒合する。第二触角の外葉は内葉より長い。

体長．1.79mm。

分布．本種は佐藤が北海道近海から，森は瀬戸内海から採集したが，著者は瀬戸内海三旧尻沖から本種を採集した。之は沿岸性と思われる（st. 129, 130）。

19. *Centropages calaninus* (DANA)（第55図）

Hemicalanus calaninus, DANA, 1852, *Centropages calaninus*, GIESBRECHT, 1892, GIESBRECHT u, SCHMEIL, 1898, SCOTT, A., 1909, MORI, 1937,

雌．前体部は6節，後体部は5節よりなり，両者の長さの比は5：2である。最後胸節の両側は突出するが円い。肛門節はその前節よりやゝ長い。生殖節は精々左右不相称である。叉肢は不相称で左方が右方より長く20：17で，長さは幅の約4倍で内縁に細刺毛を有す。生殖節及びその次節は共に多くの短刺を有する。第二触角の外葉は内葉より遙かに長い。第五胸肢の外葉第2節の内縁棘は長く伸長し，その先端は第3節を越す。外葉第2，第3節外縁には刺毛を有する。

体長．約2.17mm。

分布．本種は森が奄美大島，東支那海，八丈島，トラツク島沖から採集したが著者は中部太平洋から採集した（st. 83, 84, 86, 88)。

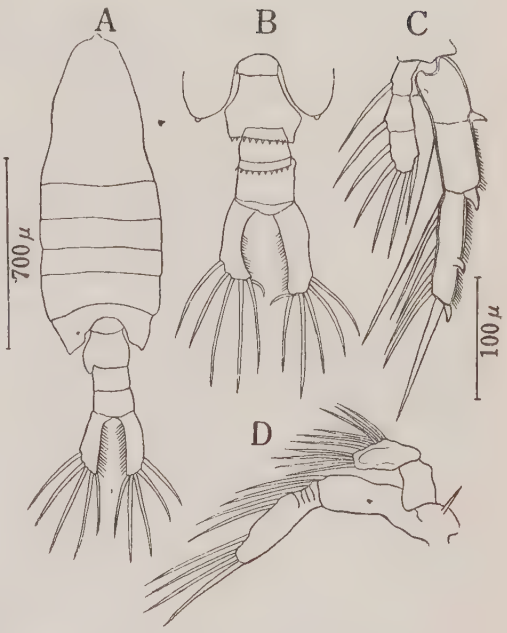


Fig. 55. *Centropages calaninus*, female. A. Ventral view. B. Posterior divsiion. C. 5th foot. D. 2nd antenna.

20. *Pleuromamma xiphias* (GIESBRECHT)（第24図）

Pleuromamma xiphias, GIESBRECHT, 1892, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, ESTERLY, 1905, BREEMEN, 1906, SCOTT, A. 1909, SARS, 1295, WILSON, 1932, STEUER, 1933, MORI, T. 1937.

雌．前体部と後体部との長さの比は2：1で，前体部は5節よりなる。吻は突出し外縁に小刺毛を有す。第五胸肢は略々左右相称で共に4節よりなり，末節は1個の長棘と2本の小棘を有す。第3，第4節内縁に細刺多数を有する。

体長．4.2～4.5mm。

分布．本種は大西洋，太平洋，印度洋から報告され本邦近海では森が朝鮮東海岸，東支那海，朝鮮海峡から，安楽（1952）が北海道東南水域から報告したが，著者はアリユーシヤン群島沖から之を採集した（st. 35, 38, 43, 50, 51, 58, 59, 60, 62, 64, 70, 78, 79)。

21. *Pleuromamma gracilis* (CLAUS)

Pleuromamma gracile, CLAUS, 1863, GIESBRECHT, 1892, SCOTT, T. 1894, *Pleuromamma gracilis*, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, ESTERLY, 1905, BREEMEN, 1906, SCOTT, A. 1909, SATO, 1913, SARS, 1925, WILSON, 1932, STEUER, 1933, MORI, T. 1937.

雄．頭胸部の右側に黒点を有し，頭部は相称形をなし5節よりなり，各節の長さ略々等しい。前体部と後体部の比は3：2である。左の第一触角は変形して把握触角となる。第五胸肢は左

右不相称で共に5節からなる。右脚の末節は膨大して内縁に2小棘を有し，第4節の基部には内縁に鉤状棘1を有する。左脚は第4，第5節は延長し，末節は彎曲し，先端に2小棘を有す。

体長．2mm。

分布．本種は太平洋，大西洋，印度洋，地中海から本邦では森が暖流水域から報告したが，著者は中部太平洋から採集した。又本種は安楽（1952）が北海道東南水域からも之を報告したが，これの分布は広範囲に亘るものと考えられる（st. 84, 87）。

22. *Labidocera acuta* (DANA) (第56図)

Pontellina acuta, DANA, 1852, *Pontella acuta*, BRADY, 1883, *Labidocera acutum* GIESBRCHT, 1892, *Labidocera acuta* BREEMEN, 1906, SCOTT, A., 1909, MORI, T.,1929.

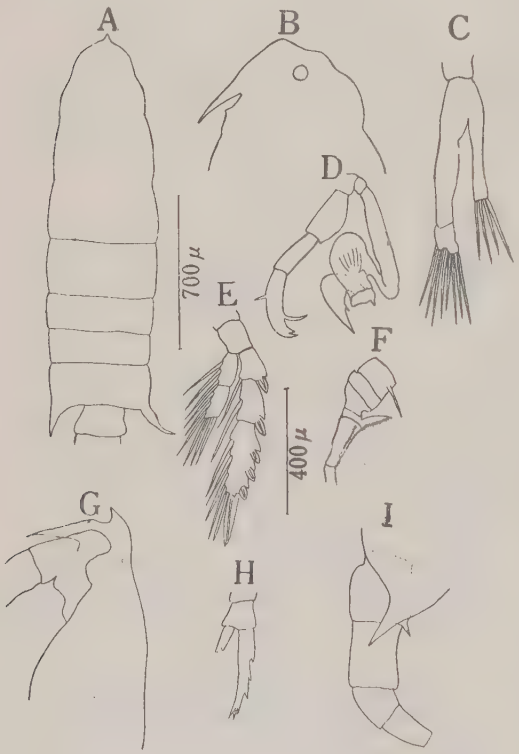


Fig. 56. *Labidocera acuta*.
A. Male, anterior division.
B. 〃 , head, lateral view.
C. 〃 , 2nd antenna.
D. 〃 , 5th foot.
E. 〃 , 3rd foot.
F. 〃 , grasping organ of right antenna.
G. Female, head, lateral view.
H. 〃 , 5th foot.
I. 〃 , posterior division.

雌．前体部は5節よりなり，頭端には下方に屈曲する鉤状突起を有す。最後胸節の両側後角は突出する。前体部の諸節の長さの比は次の様である。

$$\text{前体部諸節}\quad \frac{1}{46}\ \frac{2}{13}\ \frac{3}{11}\ \frac{4}{11}\ \frac{5}{19} = 100$$

前体部と後体部の比は5：1で，後体部の諸節の比は次の様である。

$$\text{後体部諸節}\quad \frac{1}{28}\ \frac{2}{28}\ \frac{3}{20}\ \frac{\text{furca}}{24} = 100$$

生殖節は左右不相称で右側後方に1突起を有する。叉肢は相称である。第五脚は各1節よりなる内外両葉を有し，外葉は外縁に3棘を有し，先端は3小棘に分岐する。外葉は内葉の約3.5倍の長さである。

体長．3.2mm。

雄．頭部は雌と同様鉤状突起を有す。最後胸節の両側後角は不相称で，右側のものは細長く且彎曲する。第一触角は把握触角となり，第五脚はその構造に特徴があり，容易に同定が出来る。第一脚より第四脚外葉第3節の外縁に3棘を有し，内葉の約2倍の長さを有す。

体長．3.6mm。

分布．本種はオーストラリヤ東方，アラフラ海，フイリツピン近海，伊豆沖から報告されたが著者は雄は仙崎沖，雌は長崎県五島沖から採集した（*st*. 102,107,109）。

23. *Tortanus forcipatus* (GIESBRECHT). (第34図)

Corynura forcipata, GIESBRECHT, 1892, *Tortanus forcipatus*, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, SATO, 1913. MORI, T. 1937.

雌. 頭部は第一胸節と分離し，前体部は6節からなる。胸節の最後後角は瘤状を呈し，前体部の諸節の長さは次の様である。

$$\text{前体部諸節}\quad \frac{1}{50}\ \frac{2}{21}\ \frac{3}{9}\ \frac{4}{11}\ \frac{5}{5}\ \frac{6}{4} = 100$$

従つて頭部は他の諸節の和の長さに等しい。後体部は3節よりなり，前体部との長さの比は約4：1である。叉肢は肛門節と癒合しその他の節との長さの比は次の様である。

$$\text{後体部諸節}\quad \frac{1}{23}\ \frac{2}{10}\ \frac{\text{anal seg.}+\text{furca}}{67} = 100$$

第一触角は延長すれば，叉肢の中央に到達する。第一触角は15節よりなり，その境界は判然としない。第二触角の外内両葉は長さ等しからず，内葉は外葉より長い。第一胸肢より第四胸肢迄の内葉は2節から，外葉は3節からなる。第五胸肢は左右不相称で，右脚は左脚より長い。

体長. 1.31～1.55*mm*。

分布. 台湾海峡，北海道高島，紀伊水道から報告されたが，著者は種子島及び瀬戸内海三田尻沖から採集した。

24. *Pontellina plumata* (DANA) (第57図)

Pontellina plumata, DANA, 1852, *Pontellina turgida*, DANA, 1852, *Calanops messinensis*, CLAUS, 1863, *Pontella plumata*, BRADY, 1883, *Pontellina plumata* GIESBRECHT, 1892, SCOTT, T., 1894, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, SCOTT, A., 1909, *Pontellopsis aequalis* (*male only*), MORI, 1932, *Pontellina pulmata*, WILSON, 1932, MORI, 1937.

雌. 頭部先端は突出し，前体部は5節よりなる。最後胸節の左右両後角は突出し左右相称である。後体部は2節よりなる。叉肢は左右相称で，各刺毛は殆んど等長である。第五胸肢は左右相称で，第2節内葉は先端分岐し，外葉は長く先端に4刺毛を有す。

体長. 1.5～1.8mm。

注意. 本種は多くの研究者により種々命名されたが，これは恐らく幼体を観察した為めで，このように幼体研究の不振は，後進の研究者をして迷わし，混乱に導く結果となる恐れがあるので注意を要する。

分布. 暖流水域に普通に出現する種で，本邦近海では潮岬，八丈島から報告されたが，著者は中部太平洋で採集した (st. 83, 84, 86, 88)。

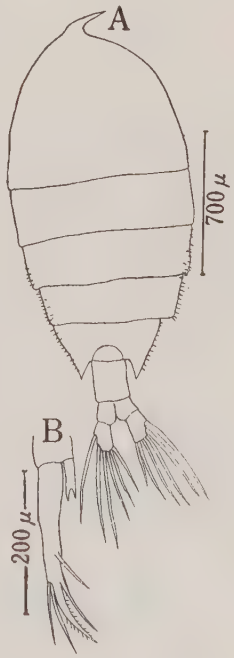


Fig. 57. *Pontellina plumata*.
A. Female, dorsal view.
B. 5th foot.

25. *Candacia bipinnata* (GIESBRECHT) (第58図)

Candacia bipinnata, GIESBRECHT, 1892, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898,

ESTERLY, 1905, SCOTT, A., 1909, SATO, 1913, SARS, 1925, MORI, 1929, TANAKA, 1935.

雌．生殖節は幅広く，両側に翼状突起を有し，その長さは幅の半分である。第一触角は23節よりなり，その基部の6節は肥厚する。第五胸肢は左右相称で，第3節は外縁に3小棘を有し，先端は分岐せずに尖る。前体部と後体部との長さの比は5：1である。腹部は3節よりなりその長さの比は次のようである。

後体部諸節　1 / 40　2 / 33　3 / 14　furca / 13　＝ 100

体長．2.5～2.8mm。

雄．前体部は5節よりなり，後体部との長さの比は9：2である。後体部は5節よりなり，その各節の比は次の様である。

後体部諸節　1 / 27　2 / 24　3 / 24　4 / 9　5 / 5　furca / 11　＝100

最後胸節は不相称で，左後角は右後角より長く，その先端は生殖節の外縁に達する。腹節の第一節は背面より見れば右側に1突起を有す。第一触角の右側は膝曲化し先端は5節よりなり，その後方の7節は肥厚する。第五胸肢は左右不相称で，右脚は鋏状を呈し，左脚は4節よりなる。

体長．2.2～2.5mm。

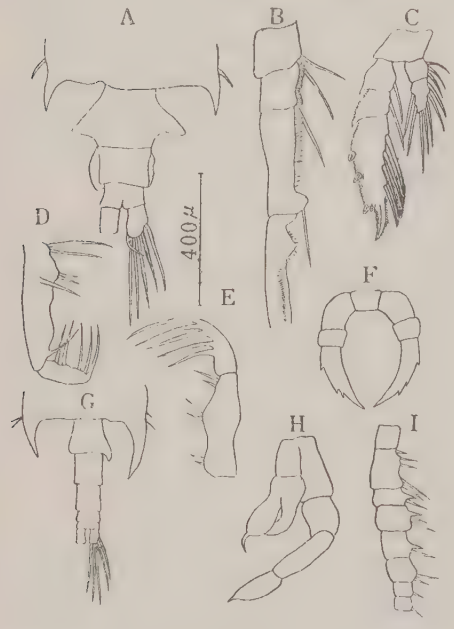


Fig. 58. *Candacia bipinnata*.
A. Female, dorsal view.
B. Male, grasping organ of 1st antenna.
C. ♂, 4th foot.
D. Female, 1st maxilliped.
E. Male, maxilliped.
F. Female, 5th pair of feet.
G. Male, posterior division
H. ♂, 5th pair of feet.
I. Female, 1st antenna.

分布．本種は太平洋，大西洋から，又本邦近海では朝鮮海峡，金華山沖，八丈島沖から夫々報告されたが，著者は雌雄共種子島及びビキニ水域から採集した（st. 143, 145, 146, 149, 150）。

26. *Candacia pachydactyla* DANA（第59図）

Candace pachydactyla, BRADY, 1883, GIESBRECHT, 1892, SCOTT, T. 1894, *Candacia pachydactyla*, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, SCOTT, A. 1909, SARS, 1925, WILSON, 1932, TANAKA, 1935, MORI, 1937.

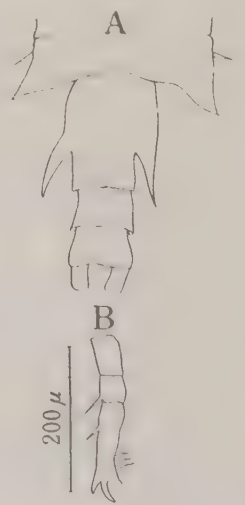


Fig. 59. A. Female of *Candacia pachydactyla*, dorsal view.
B. 5th foot.

雌．最後胸節は側方に突出する。腹部は3節よりなる。生殖節の長さは他の2節の和より丈

で，左右両側には下方に向う突起を有す。叉肢は左右相称である。第五胸肢は3節より，第3節先端に3個の突起を有し，内縁に3棘，外縁にに1棘を有す。本種は *Candacia aethiopica* によく類似するが，第五胸肢，及び生殖節の形態から区別出来る。

体長．2.0～2.8mm。

雄．最後胸節の左右後角は左右不相称である。生殖節の右側は突出して小突起となる。右触角は膝曲化して把握器官となる。第五胸肢の左脚の最後の節は長い1棘を有し，右脚はピンセット状を呈す。

体長．1.8～2.5mm。

分布．太平洋，大西洋に分布し，本邦近海では紀伊水道，八丈島から報告されたが，著者は中部太平洋から之を採集した（st. 83, 85, 87）。

27. *Candacia truncata* (DANA) (第60図)

Candacia truncata, BRADY, 1883, GIESBRECHT, 1892, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, SCOTT, A., 1909, YAMADA, 1935, TANAKA, 1935, MORI, 1937.

雌．前体部最後胸節の両後角は突起し腹面に彎曲する。第一触角は23節からなり，その基部の6節は肥厚する。前体部と後体部の長さの比は5：1.5である。第一胸肢の内葉は2節からなる。第五胸肢の第3節は3個の外縁刺を有し，内縁に2刺を有する。

体長．約2 mm。

雄．腹部及び叉肢は左右相称で，右第一触角は変形して把握触角となる。触角の把握部は5節からなる。その最後の節は外側に丸い突起部を有する。膝曲化した部の外縁には鋸歯状棘を有しない。第五胸肢はピンセット状を呈しないで，左肢は3節からなる。右肢は末端に甚だ長い羽状刺を有す。

体長．約2.2mm。

分布．本種は山田，田中，森等により黒潮，対馬海流の暖流域から報告されたが，著者は中部太平洋から之を採集した(st. 83, 84, 86, 87, 88)。

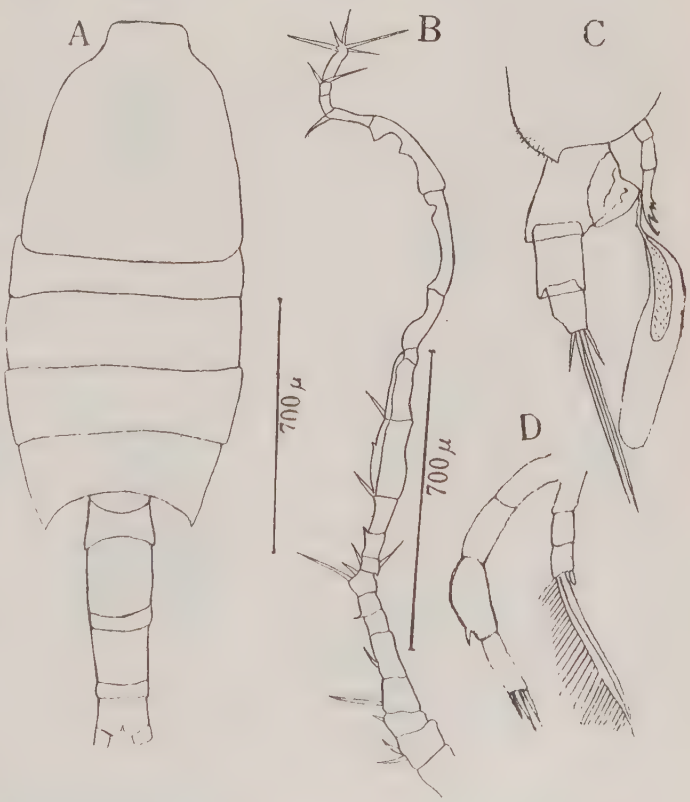


Fig. 60. *Candacia truncata*.
A. Male, ventral. view. C. Female, abdomen.
B. ♂, 1st antenna. D. ♂, 5th pair of feet.

28. *Acartia clausi* GIESBRECHT (第61図)

Dias longiremis, CLAUS, 1863, *Acartia clausi*, GIESBRECHT, 1892, GIESBRECHT u. SCHMEIL, 1898, SARS, 1903, WILSON, 1932, MORI, 1937.

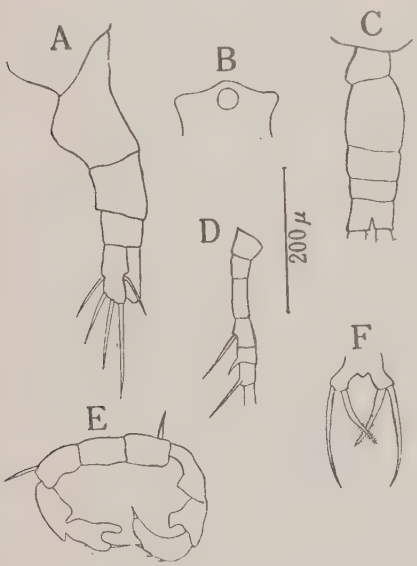


Fig. 61. *Acartia clausi*.
A. Female, posterior division.
B. Male, head, ventral view.
C. 〃, posterior division.
D. 〃, 1st antenna.
E. 〃, 5th pair of feet.
F. Female, 5th pair of feet.

雌. 吻糸があり，最後胸節の両後角は円い。前体部と後体部の長さの比は約3：1である。第一触角は緒基部に棘を有せず延長すれば，その生殖節の後端に達する。腹節はその前縁に細刺毛を有する。第五胸節の中央節はその幅と長さ等しく，鉤状末節は頑丈で，外側棘は末節より長い。

体長. 1.0～1.2mm。

雄. 腹部は5節よりなり，その中第4節は最も短かい。第5節は1棘を有す。第五胸肢は左右不相称で，右脚は4節よりなり，第2，第3節は内側に突起を有す。左脚は3節よりなり，末節は蠕虫状附属物及び1棘を有す。

体長. 0.93～1.15mm。

分布. 本種は本邦近海では北海道近海，日本海，朝鮮海峡から報告さ

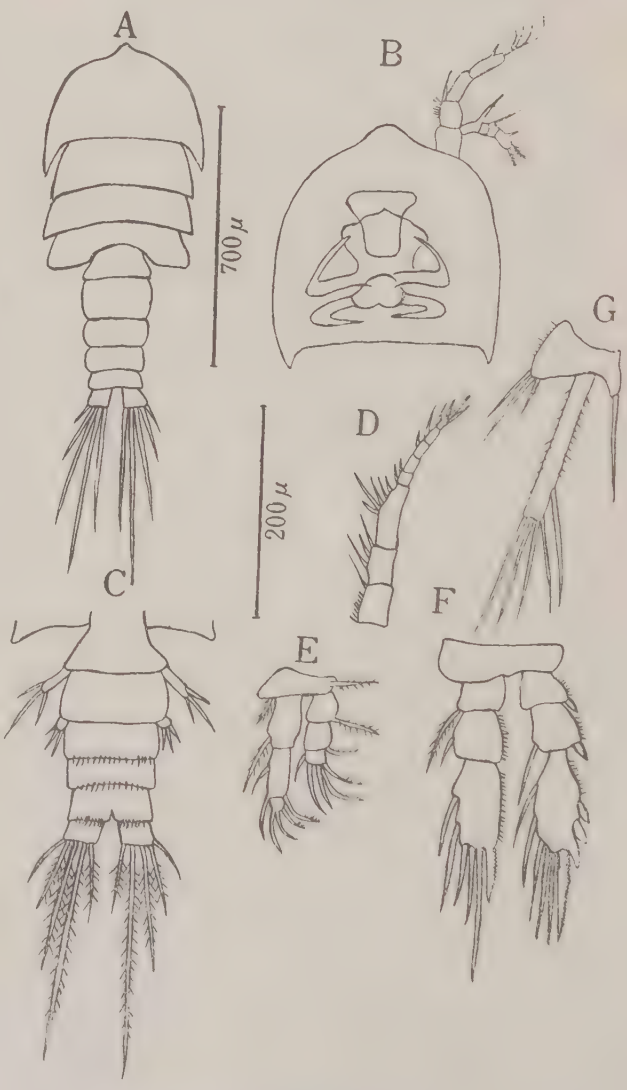


Fig. 63. *Tisbe ensifera*, female.
A. Dorsal view. B. Head, ventral view. C. Posterior division. D. 1st antenna. E. 1st foot. F. 4th foot. G. 5th foot.

れたが，著者は種子島沖，瀬戸内海から之を採集した（st. 131, 132）。

29. *Tisbe ensifera* (FISHER) (第63図)

雌．後体部は5節よりなり，背面から見れば楕円形を呈す。前体部と後体部の長さの比は3：2である。第一触角は8節からなり，それらの諸節の長さの比は次の様である。

$$\text{第一触角諸節}\quad \frac{1\ \ 2\ \ 3\ \ 4\ \ 5\ \ 6\ \ 7\ \ 8}{16\ 19\ 27\ \ 7\ \ 8\ \ 7\ \ 9\ \ 7} = 100$$

即ち第3節が最も長く，次いで第2節，第1節の順である。腹部は5節よりなり，叉肢は甚だ短かく，長さと幅の比は7：10である。叉肢刺毛は5本ありその中第一末刺は最も長く，前体部の長さに略々等しい。第二触角は4節よりなり，特に外葉は内葉よりよく発達している。第二胸肢の外葉第3節から第5節迄は背面に小棘を有す。第一胸肢内葉の長さは外葉の長さの2倍である。第五胸肢の基節は内方え拡がり末端稍々細く，発達した3個の刺毛あり，末節は頗る細長く末端に4本の刺毛と外縁末端近くに1本の刺毛とを有す。

体長．0.7～1.0mm。

分布，本種はノールウエー近海，クリスチアフヨールド，本邦近海では三陸沿岸，東京湾の浅海から報告されたが，著者は種子島沖から之を採集した。

III. 摘　　要

1．新種として *Pontella indica, Centropages pacificus, Haloptilus pacificus, Undeuchaeta japonica, Scolecithricella pacifica* を記載した。

2，未記載と思われる *Acartia erythraea* の雄を記載した。

3．暖流性橈脚類の *Pseudodiaptomus marinus, Scolecithrix danae, Centropages violaceus, Centro. calaninus, Centro. gracilis, Pontellina plumata, Pleuromamma xiphias, Candacia pachydactyla, Canda. truncata, Canda. longimana, Copilia mirabilis* 等を記述した。

4．寒流性指標種として *Gaetanus armiger, Scolecithricella minor, Scaphocalanus echinatus* 等を記述した。

5．沿岸性橈脚類の *Centropages abdominalis, Candacia bipinnata, Acartia clausi, Acar. erythraea, Tisbe ensifera* 等を記述した。

第5章　橈脚類の化学成分

Chapter V. Chemical composition of Copepoda.

I. 序　　說

既往の業績

海産プランクトンの化学分析は BRANDT (1898), BRANDT and RABEN (1919～22) MOBERG (1926), WIMPENY (1934), KLEM, ORR (1934. a,), MARSHALL, NICHOLLS and ORR (1934), GÜNTHER (1934), COOPER (1935), 中井 (1941) 等の業績があり，その中 KLEM, ORR, MARSHALL, NICHOLLS and ORR の諸氏は選別した種別について定量し，Copepoda 及び Sagitta の各2種 Euphausiacea, Cirripedia, 水母，魚仔の各1種計8種について分析し，中井は更に Copepoda 7種，Euphausiacea, Amphipoda, 各1種計9種の分析を行つた。BRANDT, BRANDT and RABEN, MOBERG, WIMPENNY の諸氏の研究は各種の混合プランクトンに就いて分析を行つたものである。プランクトンの分析も種々で Klem は脂肪のみを分析し，COOPER は脂肪の定量を缺き，就中中井は脂肪，蛋白質，灰分の外更に珪酸をも分析し，その業績は特記すべきであろう。著者は鮭鱒の重要餌料である *Calanus plumchrus*, *Cal. cristatus* について同様分析を試み先輩諸氏の研究と比較対照した。

II. 採集及び研究目的

試料は練習船俊鶻丸によつて1952年5月から7日間に北洋アリューシヤン群島近海から採集されたものを用いた。北洋プランクトンの組成は単純で Sample 中から *Calanus cristatus*, *Cal. plumchrus* の様な大型プランクトンはピンセットで容易に摘出可能である。従つて全く純粋なしかも供試した種は体長の略々等しい個体を使用した。*Calanus plumchrus* はマイワシ及び鮭鱒其他の食餌中重要な位置を占めるもので，亦 *Cal. cristatus* も同様で，共に北洋に於いては多量に分布する種で，何れも寒流指標種としてあげられるものである。マイワシ及鮭鱒は何れも脂肪の含有量の大なる魚種である。これ等魚種と前記の橈脚類の脂肪，蛋白質の含有量との間には何等かの関係の存することが当然考慮されるところである。著者は先輩諸氏の研究業績と対照し，純粋な資料を使用した場合，果して同結果が得られるか否やを検討せんとして，この研究を企画した。但し実績は材料の関係から蛋白質及び脂肪についてのみ実施し，その他の灰分，硅酸等については行はなかつた。

定量方法

a. 材料の処理

ホルマリン液中の材料を液と共に磁製蒸発皿にとり，加熱してホルマリンを完全に駆逐した後95°C の Air Bath 中で恒量になる迄乾燥し，完全に脱水せしめた。その後デシケーター中で冷却し，この無水物の一定量をとり脂肪及び蛋白質の定量を行つた。

b．粗脂肪の定量法

粗脂肪の測定はソツクスレー脂肪抽出器を使用し，エーテルで約16時間抽出を行つた。

c．粗蛋白の定量法

粗蛋白の量は Half-micro-Kjeldahl 装置を用ひ全窒素量を定量してその値に 6.25 を乗じて求めた。尚この場合，酸及びアルカリ規定液は N/50 を使用した。即ちアルカリ性にて水蒸気蒸溜を行い，游離したアンモニアを N/50 硫酸の一定過剰中に受け，吸収固定せしめ，過剰の硫酸を N/50 苛性ソーダにて逆滴定しその量から全窒素の量を算出した。

III. 研 究 結 果

粗蛋白質　橈脚類の蛋白質含有量百分率は脂肪と全く対照的関係にあることは中井が既に指摘したところで，両者の和は 82～89.5% 平均 89.1% で殆ど近似的定数となることを報告した。即ち *Calanus plnmchrus* は 34.8～53.4%，*Cal. helgolandicus* ? は 75%，*Acartia clausi* は 82.6% *Paracalanus parvus* 70.1% *Euchaeta japonica* 51.8% の脂肪含有率（乾物）を測定した。

著者の測定値は *Calanus plumchrus* では 17.9%，*Cal. cristatus* では 20.73～40.56% で中井の測定値とは相当大きい開きを生じたが，この理由は資料，採集時期及び場所による相違でなかろうかと推察される。

粗蛋白質及び粗脂肪の含有量の和は *Calanus cristatus* では 55.12%～78.02%，*Calanus plumchrus* 61.1% を測定し，両者の和は半ば以上を占め橈脚類の化学成分は殆んど蛋白と脂肪によつて占められる。

Table 7. Results of Chemical composition.

A) Crude fat

No. Organism	Dry weight of organism analysed for fat estimation (gr.)	Number of organism analysed for fat estimation	Amount of fat (gr.)	Fat % on dry weight	Fat content of one organism (mg.)
1. *Cal. plumchrus*	0.1525	260	0.0659	43.21	0.2535
2. *Cal. cristatus*	0.2260	91	0.0848	37.52	0.9319
3. 〃	0.1710	65	0.0588	34.39	0.9046

B) Crude protein

No. Organism	Dry weight of organism analysed for protein estimation (gr.)	Number of organism analysed for protein estimation	Amount of protein (gr.)	Protein % on dry weight	Protein content of one organism (mg.)
1. *Cal. plumchrus*	0.1459	240	0.0261	17.89	0.1088
2. *Cal. cristatus*	0.1610	58	0.0653	40.56	1.1259
3. *Cal. cristatus*	0.1840	72	0.0379	20.73	0.5264

粗脂肪．中井は *Calanus plumchrus* の含有率（乾物）31%以上，多量のものでは 53.3～53.9% を，*Calanus cristatus* 36.1% *Paracalanus parvus* 19.1%，*Acartia clausi*

5.8%, *Cal. helgolandicus*? 11%及び5.2%であるとし，亦ORR (1934, b) は*Calanus finmarchicus* Copepodite stage V で 47% を測定した。

従来報告された海産プランクトンの脂肪含有量はORR (1934) が*Calanus finmarchicus* Copepodite V で 47%，中井は *Calanus plumchrus* で 53.3～53.9% を測定している。

著者の測定した *Calanus plumchrus* は 43.2% *Cal. cristatus* 34.5～38.5% であつた。

中井の測定値からすれば，橈脚類の種によつて脂肪含有量は大なる変化を認めねばならず，之の原因を季節的，或は棲息水域に帰することも一応うなづけるが，更に多くの資料について確認することが必要と思われる。著者の測定した粗脂肪含有量と中井の測定値は近似する。即ち著者の測定値は *Calanus plumchrus* 43.2% に対し中井の測定値は 31% *Calanus cristatus* は 34.5～38.5% に対し中井は 36.1% で粗脂肪含有量は上記の二種では大体その値は類似していた。

IV. 摘 要

1．北洋で採取した鮭鱒の重要餌料である *Calanus plumchrus*, *Cal. cristatus* の純粋のもののみを使用して，その蛋白質，脂肪の含有量を測定した。

2．*Calanus plumchrus* は蛋白質 17.89%，脂肪 43.21% 両者の和は61.10% で *Cal. cristatus*（2）は蛋白質 40.56% 脂肪 37.52% で両者の和は 78.08%，*Cal. cristatus*（3）は蛋白質 20.73% 脂肪は 34.39% 両者の和は 55.12% を測定した。

3．*Calanus plumchrus* 及び *Cal. cristatus* の脂肪，蛋白質の含有量は中井の測定値と可成りの差が認められるが之は資料の老若，採集時期，採集場所，測定法の差異によるものと思考される。

4．脂肪，蛋白質の和は何れも 50% 以上ではあるが，その他の化学成分即ち灰分，硅酸量の存在も無視出来ないが資料の不足の為め実験しなかつた。

第6章　プランクトンを食する魚類の食性に関する研究

Chapter VI. On the Feeding-Habits of Plankton feeder Fishes.

1. 序　　説

魚類の食性に関する研究は多くの報告があり，その多くのものは餌料として橈脚類を摂取することを報告した。その中特に餌料プランクトンの組成を解析したものに，CHACKO (1949)，元田．竹内 (1948) はニシン，元田．瀬戸 (1946) はホツケ，中井 (1952) は鮭，田村は (1953) ホツケ，田村．川合 (1953) は鮭鱒についての詳細な報告がある。漁業の漁獲能率を高めるには，各魚種の詳細な生活史の糾明の外に，更に餌料プランクトンの研究が明かにされたときに，より以上の効果が期待されよう。プランクトンは魚類の餌料として重要であるばかりでなく，プランクトンの分布，棲息海域，量などから逆に魚類の洄游，漁況などを予報することも期待されよう。著者は本邦産重要魚種のマイワシ，カタクチイワシ，並びに鮭鱒の食性を調査し，それらの餌料プランクトンの組成を解析した。

II. マイワシ *Sardinops melanosticta* (*T. & S.*) の食餌

1. 研　究　方　法

本研究は昭和26年1月より4月上旬までの漁期に於ける，山口県仙崎近海のマイワシの食餌を調査したものである

資料は流刺網で捕獲したものを，揚網後帰港するまでに漁獲物より20尾を無意抽出し，翌日体長，体重を測定後，雌雄を肉眼的に鑑別し，卵径を測定，食道，幽門垂を含めて胃を切り取り，胃内容物の重量を測定した後，一尾毎にホルマリン液で固定したものを後日検鏡した。尚食餌量を比較するに当つては胃内容物の絶対重量について行うことは，魚体の大小による誤差が起り，不都合な点があると考へたので，魚体の肥満度で食餌量を除したものを指数とし之を比較した。

2. 研　究　結　果

A. マイワシの体長，性別並びに成熟度による食餌量の比較

魚の体長別に胃内容物の重量（指数）を求めると次の様である。

Table 8. Comparison of Food-volume according to Body Length

Body Length (cm)	17～18	18～19	19～20	20～21	21～22	22～23	23～24
Investigated Stomach	5	63	111	72	33	11	7
Food volume(quatient)	0.049	0.068	0.071	0.087	0.163	0.149	0.129

上表に依れば魚体の増大に伴い摂食量は増加している。本研究に於いて年齢を査定することは出来なかつたが，恐らく以上の結果から年を重ねるに従い摂食量は増加するものと思考される

性別による食餌量を比較すると，本漁期に於いては，遙かに雌の方が多量に摂食している。

Table 9. Comparison of Food-volume according to Sex

Sex	♀	♂	
Investigated Stomach	139	159	(t=3.85728)
Average Body Length (cm)	20.26	19.80	
Food-volume (quatient)	0.103	0.067	

更に雌のみに就いては生殖腺の熟度と卵径により未熟（径 0.4mm 以下），半熟（径0.4～0.6 mm），成熟（径 0.6mm以上），放卵後の４段階に分けて食餌量を比較すると次の様である。

Table 10. Comparison of Foot-volume according to mature-grade.

Mature-grade of Gonad	immature	half mature	mature	after spawning
Investigated Stomach	59	30	21	29
Maximum volume of Food (quatient)	0.435	0.351	0.083	0.295
Minimum volume of Food (quatient)	0.018	0.016	0	0.013
Average volume of Food (quatient)	0.113	0.119	0.034	0.118
Empty Stomach Number.	0	0	2	0

この結果から未熟期，半熟期には摂餌旺盛で，成熟期では摂餌量が低下し，放卵後は亦恢復し再び旺盛になることが認められた。雌雄の生殖腺熟度を各段階に別けて摂餌量と比較することにより，マイワシの生殖腺の完熟と摂餌量の低下する関係の限界が明瞭となり，之により産卵習性，産卵接岸時期の判定，引いては漁況を予報することも出来る様になろうと考えられる

B. 食 餌 組 成

漁場別にマイワシの食餌組成を調べるために，操業位置から，仙崎近海の漁場を第64図に示す通り，A（川尻岬の北北西方），B（竹ノ子島及び令岬北方），C（相島北中）の三漁場に大別して比較検討した。この食餌組成は１，２月の資料であるが，三漁場共大差は認められなかつた。優占種は Diatom が圧倒的に多く，次に橈脚類，Dinoflagellata, Plankton Larvae であつた。 Diatom 中多食されたものは各漁場共 *Lauderia borealis*, *Thalassiosira* sp, *Eucampia zoodiacus*, *Thalassiothrix Frauenfeldii*, *T. nitzschioides*, *Stephanopyxis palmeriana* 次いで *Bacteriastrum*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* が少量検出された。橈脚類では *Paracalanus parvus*, *Calanus helgolandicus*,

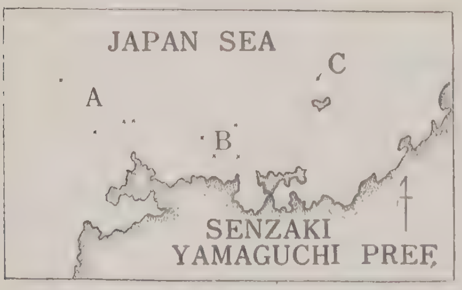


Fig. 64. Map showing the place of collection of sample.

Corycaeus sp., *Oncaea* sp. が主要な種であるが，Diatom を凌駕することはなかつた。然し2月に這入ると各漁場橈脚類が増加し，特に大型の *Calanus helgolandicus*, *Candacia armata*, *Euchaeta* sp. を捕食していた。

HART 及び WAILES 並びに末広 (1942) が報告したように植物性プランクトンを主食する時は胃内容物は緑色を呈し，動物性プランクトンを多量に摂取するときは褐色を呈することが認められた。但し植物性プランクトン及び動物性プランクトンの主要種は漁場プランクトンの組成によつて異つて来ると思考される。

Table 11. Stomach contents of *Sardinops melanosticta*.

Stomach contents (January, February)							
Phytoplankton				Zooplankton			
Fishing ground	A	B	C	Fishing ground	A	B	C
Diatom.				Copepoda			
Lauderia borealis	C	C	C C	*Paracalanus parvus*	R	R	R
Paralia sulcata	R R	R R	R R	*Calanus helgolandicus*		+	R
Stephanopyxis Palmeriana	+	C	C	*Corycaeus speciosus*	R	R	R R
Biddulphia sinensis	R	R	R R	*Oncaea mediterranea*	R	+	R
B. longicruris	R R			*Oithona similis*	R R	R R	R R
Ditylium sol	R	R R	R R	*Microsetella rosea*	R	R	R
Eucampia zoodiacus	C	C	C	*Candacia armata*		R	
Pleurosigma intermedium	R	R R	R	*Euchaeta* sp.		R	
Thalassiothix Frauenfeldii	C	+	+	*Lucicutia flavicornis*		R R	
T. nitzschioides	C	+	+	Copepoda Nauplii	R R	R R	R R
T. longissima	R R	R R	R R	Digest Copepoda	R	+	+
Thalassiosira sp.	C	C	C C	Phyllopoda			
Bacteriastrum hyalinum	+	R	R	*Evadne* sp.		R R	
Asteromphalus flabellatus	R R	R R	R R	*Podon* sp.		R R	R R
Coscinodiscus gigas	+	+	+	Dinoflagellata			
C. excentricus	R	R R	R R	*Peridinum* spp.	+	+	+
C. granii		R R	R R	*Ceratium tripos*	R R	R R	
C. Asteromphallus		R R		*C. macroceros*	R R	R R	R R
C. stellaris		R R		*C. massiliens*	R R		R R
C. radiatus		R R	R R	*C. karsteni*		R R	
Rhizosolenia alata	R R	R R	R R	*C. gibberum*		R R	R R
R. stolterfothii	+	R	R R	*C. arcuatium*		R R	
R. calca-avis		R R	R R	*C. plathcorne*		R R	
R. setigera	R R	R R	R R	C. *teres* ?		R R	
R. imbricata	R	R	R	*C. breve*		R R	
R. fragilis	R	R R	R R	*Pyrocystis fusiformis*	R R	R R	R R
R. hebetata semispina	+	R		*P. pseudonoctiluca*	R R	R R	
R. styliformis	R	R R	R R	*P. lunula*			R R
R. acuminata		R R		*Noctiluca scintillans*	R R	R R	
Chaetoceros decipiens	R	R	R R	Plankton larvae			
Ch. didymus	R	R		Fish eggs	R R	R R	R R
Ch. borealis	R	R R	R R	Cypris larva (Cirripedia)		R	R
Ch. sp.	R R	R R	R R	*Balanus* Nauplius	R R	R	R
Guinardia flacida	R	R R	R R	Brachyura Zoea	R R	R R	
Amphora hyalina		R R		Macrura Mysis		R R	R R
Ampiprora gigantea	R R	R R		Rest			
Navicula sp.		R R	R R	Foraminifera		R R	
Nitzschia longissima		R R		Scale		R R	
Planktoniella sol	R R			Sand particle		R R	
Campylodiscus undulatus			R R				

3. 考　　察

日本近海のマイワシの食性については岸上 (1907)，中井 (1938)，末広 (1942) が詳細な研究報告をしたが，山口県のマイワシに就いては発表されてない。マイワシの食性に関し特に動物性プランクトンを主食するか，植物性プランクトンを主食とするか，亦選択性を有するか

否やは屢々論ぜられて来た。本調査に於ける食餌組成からみると，優勢群は Diatom，次に Copepoda, Dinoflagellata, Plankton larvae の順になつていたが，夫々の主要種は中井のそれと異なつている。これはマイワシが海中のプランクトンを無撰択に捕食するのであつて明らかに漁場のプランクトンの組成に左右されるからと思考される。マイワシで雌雄の摂餌量の比較は現在迄報告はないが，岡田（1949）がワカサギについて雌の方が多食したことを認め，元田．竹内（1948）は北海道の春鰊について比較しているが，雌雄の摂餌量に殆んど差を認めていない。産卵期の雌の多食は孕卵数の多い雌が雄より多くの栄養摂取が必要なことから当然と考へられる。しかしマイワシが果して産卵期を中心とし雌が多食の傾向を示すのか，或は四季を通じて多食であるかは今後の研究を俟たなければならない。

III.　カタクチイワシ *Engraulis japonica* HOUTTUYN の食餌

1．研　究　方　法

日本海の山口県室津沿岸及び瀬戸内海の山口県福川宮海沿岸でイワシ網で漁獲されたものを研究に供した。

これらの資料について，口器，鰓耙について観察並びに測定を実施した。胃内容物の調査に当つては，成育期のもの5mmの体長差で，略同長のもの50尾宛を撰びそれらの胃を一括してホルマリンで固定し検鏡した。供試材料を第12表に示した。

Table 12. Date, Locality and Total length of *Eng. japonica*.

Date	Locality	Total length (mm)	Date	Locality	Total length(mm)
May 23, 1950	Fukugawa	30～65	July 10, 1950	Fukugawa	30～78
June 20, 1950	Fukugawa	30～75	Sept. 17, 1950	Fukugawa	30～65
July 2, 1949	Tonomi	50～90	Oct. 24, 1950	Murotsu	30

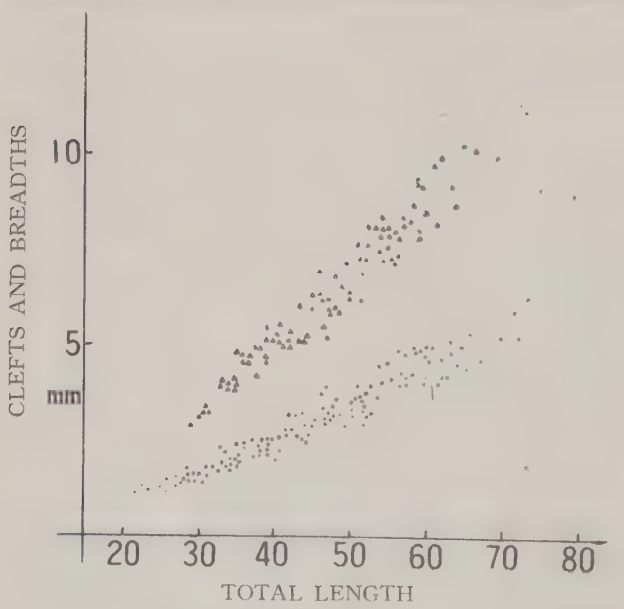


Fig. 65. Show the Clefts and Breadths of mouth in relation to total lengths. ●……Breadth △……Cleft

2．研　究　結　果

A．口器　カタクチイワシの成魚の口は大きく，吻の上顎は下顎より長い，両顎には微細な円錐状の歯があるが鋤骨には歯がない。舌は細長小さく，上面には顕微鏡的歯状突起がある。鰓耙は長く，口腔を包み咽頭部まで達する。口器の発育状態を成長に伴い観察すると，孵化後間もない間は下顎は上顎より長く，全長20mm前後で上下の長さは略々等しく，更に成長するにつれて，上顎は下顎を蔽う様になる。顎歯の出現は全長18mm位で，顕微鏡で認めた。全長

20mmで下顎に約28本，上顎に約39本を有し，全長40mm位で漸次密となり，鋸歯状を呈した。顎歯は総て円錐形を呈し，先端は鋭く，口内に稍々彎曲し，顎の縫合部附近で稍々大きくなる。

Table 13. The transformation of the number of teeth and the length of teeth according to the growth.

Total length (mm)	Upper pharyngeal teeth		Lower pharyngeal teeth	
	Nos. of teeth	Average length of teeth (μ)	Nos. of teeth	Average length of teeth (μ)
20.1	39	26	28	26
22.2	57	46	32	52
27.4	72	65	48	78
32.2	90	78	58	91
38.0	109	104	80	110
49.6	149	124	112	130
51.8	164	130	123	130
60.2	232	156	158	169

B．鰓耙 餌料の濾過作用をなす鰓耙の構造は食性と大いに関係がある。カタクチイワシの鰓弓は左右両側に各4本宛あつて内側のもの程小さくなる。その他左右鰓蓋内側に各1個宛の偽鰓がある。鰓弓には特に一箇所の屈曲自在な部分があり，この屈曲部は咽頭節と上鰓節よりなる上片と，角鰓節と下鰓節よりなる下片に分つ顕著な「く」字形の屈曲部である。鰓は鰓弓の外縁に列生し，鰓耙は内縁に生え，第一，二，三，鰓弓の上下両片に於ける鰓耙は長く，1列で斜前方に向ふが，第四鰓弓の上下片に於いては2列に並び，1列は斜前方即ち略々開口部に向い，他の1列は後方即ち咽頭部に向つている。後者の鰓耙の形は前者と甚だしく相違し，前方に向ふ鰓耙は成長するに従いその両側に鰓耙上突起を生ずるが，後方に向ふ鰓耙は斯る突起を生ずることなく，楔状の平板となる。第66図は成長に伴ふ鰓耙の変化を示した。これは総

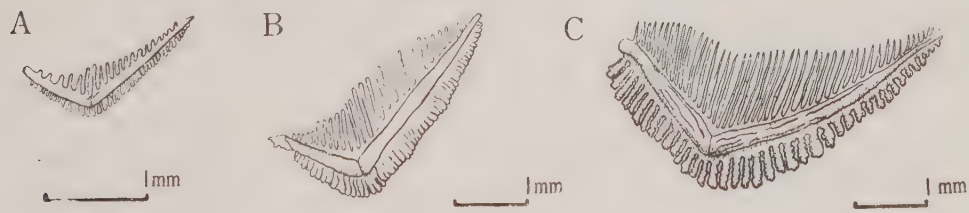


Fig. 66. The transformation of the gill-raker in growing period.
A……Total length 17.8 mm, B……Total length 25 mm, C……Total length 30 mm

べて魚体の左側第1番目の鰓弓を内側より見たものである。全長17.8mmのシラスでは鰓耙は極めて初期の状態で，鈍端の突起が上片（0.7mm）に6本下片（1.3mm）に14本あつた。全長25mmのシラスでは上片（1mm）に10本，下片（2.5mm）に18本に増加し又長く，良く発達する。全長30mmのものは更に鰓弓，鰓耙の発達は更に著しく，大きさや耙数の増加のみでなく，各鰓耙に骨質の円錐状突起が見られた。又鰓耙の略中央部に中肋の太い部分が認められた。40mmのものは鰓耙の中肋は更に明瞭となり，鰓弓も増大し，鰓耙及び鰓耙上の突起も増

加し，鰓耙上突起間に褐色の色素が出現した。45mmでは鰓耙上の突起及び色素胞の増加の外は甚だしい変化は見受けられなかつた。従つてこの時期の前後に鰓耙の構造は一応整つたものと認められよう。食餌を濾過する鰓耙の篩目は主として鰓耙間隙と鰓耙上の突起数及び突起の形状に左右される。カタクチイワシの鰓耙の構造はマイワシに比較すれば簡単であるが（第67図），成長に伴い鰓耙間隙の変化は実に微小で，鰓耙及鰓耙上突起の数は著しく増加するから，成長に伴い次第に微小な餌料を捕食するに適して来ることが思考される（第14表）。

Table 14. The transformation of the every portion of Gill-raker.

Total length (mm)		17.8	24.0	35.0	45.0	52.0	62.4	69.8
Length of Gill-arch	Upperpiece	0.7	1.0	2.6	4.0	4.6	5.8	6.1
	Lowerpiece	1.3	2.1	3.8	5.6	6.8	8.1	8.4
Number of Gill-raker		20	27	43	56	61	62	69
Gap of Gill-raker (μ)			20	31	45	55	66	73
Average length of Gill-raker (m.m)			0.4	1.6	2.5	2.9	3.7	3.8
Number of Slender spinules on the Gill-raker			2	16	25	40	73	87

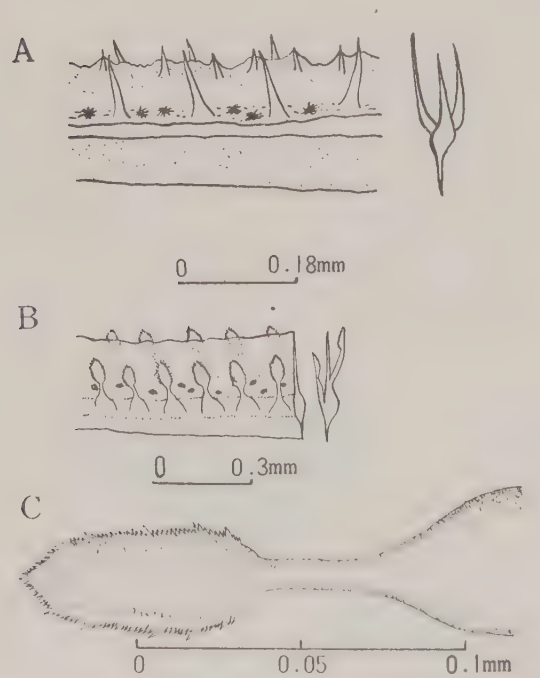


Fig. 67. The comparison between the gill-raker of *Engraulis japonica* and *Sardinops melanosticta*.
A……The gill-raker of *Engraulis japonica*.
B……The gill-raker of *Sardinops melanosticta* (from NAKAI)
C……The spinules of *Sardinops melanosticta* (from NAKAI)

C. 食餌組成　食餌は成長に伴い種類も量も増加するが，全長 45mm までは動物性プランクトン中特に橈脚類，葉脚甚類が多く，植物性プランクトンはだ少い。全長 45mm 以上では動物性プランクトンと共に植物性プランクトンが急激に増加する。この stage の食餌組成は橈脚類が最上位で硅藻，葉脚類，幼体プランクトンの順である。橈脚類中出現種は *Acartia* sp. *Euterpe acutifrons*, *Microsetella rosea*, *Corycaeus* sp. *Oncaea* sp. 葉脚類では *Penilia schmackeri*, *Podon schmackeri*, Plankton larvae では Copepoda Naupli が全期間を通じて多く，Veliger larva, Zoea larva, Fish eggs 等が挙げられる。Diatom では *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* sp. *Navicula pandula*, *Biddulphia sinensis*, *Bacteriastrum Varians*, *Paralia sulcata*. 等である。成育期にある各大きさの各50尾の胃内容物について，個体数より動物性

プランクトンと植物性プランクトンの割合を次表に示した（第15表）。

Table 15. The transformation of the feeding habit according to the growth.

Total length (mm)	Sample	Zoo-plankton.	Phyto-plankton
35～40	50	94.3 %	5.7 %
40～45	50	90.9 %	9.1 %
45～50	50	66.0 %	34.0 %
50～55	50	59.0 %	41.0 %

上表から成長期のカタクチイワシの食性は各 stage に橈脚類が優勢であるが，全長 4.5mm 以上になると相当量の Diatom を捕食する。これは主として鰓耙の構造の発達，特に鰓耙上の突起の増加により鰓耙の篩目が密になつて来ることと関係があるが，又漁場に於けるプランクトンの種類の季節的消長とも関連があると考える。カタクチイワシもその食性には選択性がなく，寧ろ漁場プランクトンに関連して食性の変化を招来するものと思われる。

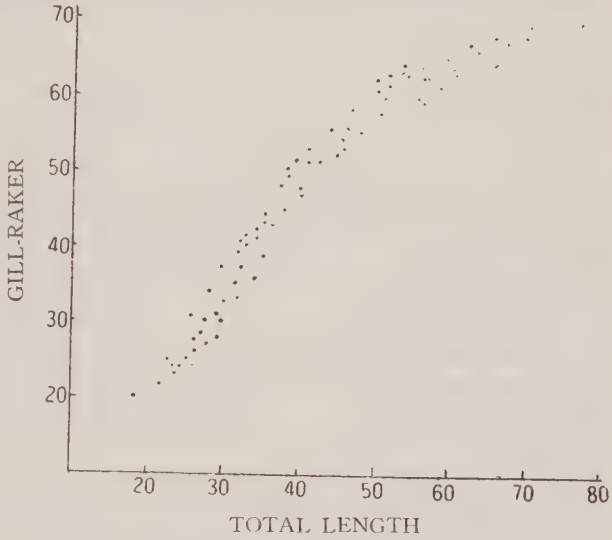


Fig. 68. The relationship between the number of gill-raker and the total length.

Table 16. Stomach contents of *Engraulis japonica*.

Total length (mm)	25～30	30～35	35～40	40～45	45～50	50～55	55～60	60～65	65～
Zoo-plankton									
Noctiluca scintillans				R R					R R
Pyrophacus horologicum		R R		R R	R R	R R	R R		R
Peridinum spp.						R R	R R	R R	R R
Favella sp.							R R		
Sagitta sp.							R R		
Calanus sp.							R R	R R	R R
Eucalanus sp.									R R
Paracalanus parvus			R R	R R					
Corycaeus speciosus				R					
C. spp.		R							R
Oncaea mediterranea		R		R R	R R	R	C	R	R
O. venusta								R	
Microsetella rosea			R R	R	R	R			

Total length (mm)	25～30	30～35	35～40	40～45	45～50	50～55	55～60	60～65	65～
Microsetella norvegica		RR		RR	RR		R	R	R
Setella sp.							RR	RR	R
Euterpe acutifrons								CC	+
Oncaea sp.						RR	R	R	
Acartia sp.		RR	R			R	C	C	C
Oithona similis					R				RR
Copepoda Nauplii	CC	CC	CC	C	+	+	+	+	C
Penilia schmackeri		+	+	+	+	+	R	+	RR
Podon schmackeri		RR		C	+	RR	R	R	+
Evadne spinifera				RR					
Macrura Zoea								R	
Brachyura Zoea						RR	R	R	RR
Veliger		RR	R	+	+	R	R	RR	R
Fish eggs						R	R	RR	R
Fish larvae									RR
Scale of fish									RR
Phyto-plankton									
Paralia sulcata			RR	RR	RR	RR	RR	RR	+
Skeletonema costatatum			RR	RR	+	C	+	+	R
Coscinodiscus spp.		RR	RR	R	+	+	R	+	+
Bacteriastrum spp.			RR		RR	RR	RR	R	+
Biddulphia sinensis		RR			RR	RR		RR	RR
Biddulphia granulata							RR	RR	
Eucampia zoodiacus								RR	RR
Hemiaulus hauckii							RR		R
Rhizosolenia hebetata f. *semispina*					RR	R	R	RR	R
Thalassiothrix nitzschioides						RR	RR		
Pleurosigma sp.							R	R	R
Navicula pandula		RR	RR	R	RR	+	R	+	+
Navicula cancellata					RR	R		RR	
Nitzschia seriata						RR			RR
Ditylium brightwellii							RR		RR
Dactyliosolen tenuis									R
Stephanopyxis palmeriana							RR		RR
Triceratium favus		R							
Asterionella japonica								RR	
Chaetoceros spp.						RR		RR	R
Indistinctive material of digest	+	R	+	+	C	C	+	+	+
Number of sample	50	50	50	50	50	50	50	50	50

IV. 鮭鱒の食餌 (Feeding habits of salmons)

こゝでとふ鮭鱒はベニサケ (*Oncorhynchus nerka*), サケ (*Onco. keta*), 及びカラフトスマ (*Onco. gorbuscha*) を指す。北太平洋の鮭鱒はその食性から二つの型に分け得よう。一つは N. 50°～54°, E. 170° 以東の海域の群であり, 他は *N.* 45°～55°, E. 160°～170°

の海域のそれである。前者の重要魚類はベニサケ及びシロサケの二種で，これら魚類の主要餌料は稚イカ及びハダカイワシの外プランクトンでは裂脚類の *Thysanoessa* sp. *Euphausia* sp. で橈脚類では *Calanus cristatus*, *Cal. plumchrus* であつた。後者の水域では重要魚種はカラフトマス及びシロサケで6月末から7月末迄が最盛漁獲期であり，これらの餌料は端脚類では *Parathemist* sp., *Themist* sp. 翼足類の *Limacina helicina* 及び Zoea larva 等の幼体類，Copepoda では前種と同様 *Calanus cristatus*, *Cal. plumchrus* が多数捕食されその外 *Sagitta elegans*, 及びホツケの稚魚らしきものか僅か検出された。以上の食性から鮭鱒の餌料は前水域の魚族は橈脚類及び裂脚類が主体で，後者では橈脚類，端脚類，腹足類，幼体類が重要な位置を占め，鮭鱒は餌料に対して選択性を有するものでなく，寧ろ漁場プランクトンの分布に支配されるものと解釈するのが妥当のようである。

V. 摘　　要

1．重要魚種のマイワシ，カタクチイワシ，サケの食性を追求した。

2．イマワシの1月の餌料の主要種は Diatom で次いで橈脚類，幼体の順であるが，2月には橈脚類を多食し特に大型橈脚類の摂餌増加が認められた。

3．カタクチイワシの顎歯及び鰓耙は体長45mm前後に完成する。即ち成長に伴つて次第に微小な餌料を捕食するに適した構造になる。

4．カタクチイワシの食餌は成長期のものは各 stage 共橈脚類が優勢であつたが，全長 45 mm 以上になると多量の硅藻を摂餌して来た，之は主として口器，鰓耙の完成に原因する。しかし漁場のプラクトンの季節的消長をも合せ考察せねばならぬと思ふ。食性は plankton feeder であつた。

5．カタクチイワシの摂餌については殆んど選択性は認められず，食餌の組成は漁場プランクトンの組成に関連するものと思考する。

6．北洋のベニサケ，シロサケ，カラフトマスの食餌もマイワシ，カタクチイワシと同様漁場プランクトンの分布に支配され主要餌料は稚イカ，ハダカイワシ，プランクトンでは裂脚類中の *Thysanoessa* sp. *Euphausia* sp. で橈脚類では大形の *Calanus cristatus*, *Cal. plumchrus* 等で其の外 *Sagitta elegans*, 幼体類，*Limacina helicina* 等が挙げられ Carnivorous であつた。

参 考 文 献

相川広秋：1930. 海洋浮游生物　水産社 pp. 89～231.

AIKAWA, H. : 1930. The Plankton of the Southern Seas of Japan : considered with reference to their Hydrography. Rec. Oce. Work Japan, Tokyo, Vol. 3, No. **1**, pp. 17～34.

相川広秋：1932. 西部 Aleutian Islands 近海に於ける夏季蚤の性状. 日本水産学会誌 Vol. 1, No. **2**, pp. 1～5.

————：1933. Okhotsk Sea の秋季浮游生物の性状に就いて. 日本水産学会誌 Vol. 2, No. **4**, pp. 175～182.

：1938. 植物及び動物プランクトンの量の関係. 陸水学雑誌, Vol. 8, No. **3～4**.

安楽正照：1952. 北海道南東及び本州東方海区の浮游橈脚類 (1948年11月夕朝丸採取). 北海道大学水産学部研究彙報, Vol, 3. No. **1**, pp. 31～39.

ANRAKU, M. : 1953. Seasonal distribution of pelagic Copepods at Oshoro Bay, west coast of Hokkaido Bul. Fac. Fis. Hok. Hakodate. Vol. 3, No. **3**.

————: 1954a. Copepods collected on the Whaling Grounds off Northern Japan and Around Bonin Islands. Ibid. Vol. 5, No. **1**, pp. 1～8.

————: 1954b. Gymnoplea Copepoda collected in Aleutian Waters in 1953. Ibid. Vol. 5, No. **2**, pp. 123～136.

————: 1954c. Distribution of Plankton Copepods off Kitami, Hokkaido,in Okhotsk Sea in Summer, 1949—and 1950. Ibid. Vol. 4, No. **4**, pp. 249～255.

BRAARUD, T. and FOYN, E. : 1951. Nitrite in polluted Sea-Water. Observations from the Oslo Fjord, 1946～1948. Nytt. Mag. Nat. Vol. **4**, pp. 1～24.

————————: 1951. Beiträge zur Kenntnis des Stoffwecksels, in Meere. Ibid. No. **5**, pp. 1～24.

BRADY, G. S. : 1883. Report on the Copepoda. obtainedby H. M. S. Challenger during the year 1873～76. Rep. Sci. Res. Voy. H. M. S. Challenger, Zool. 8, pp. 1～140.

————————: 1889. On the Marin Copepoda of New Zealand. Trans. of Zool. Soc.of London, Vol. 15.

BRANDT, K. : 1898. Beitrage zur Kenntniss der chemischen Zussammensetzung des Planktons. Wiss. Meeresunters., Bd. 3. Abt. Kiel, pp. 43～90.

————: 1899. Ueber der stoffwecksel in Meere. Ibid. Bd. 4.

BRANDT, K. and RABEN, E. : 1919～1922. Zur Kenntniss der chemischen zusammensetzung des planktons und einiger Bodenorganismen. Wiss. Meeresunters., N. F., Vol. 19, Abt. Kiel, pp. 175～210.

BREEMEN, P. G. : 1908. Nordishes Plankton. V Copepoden, Lief.**7**, pp. 1～264.

BREHM, V. : 1926—27. Copepoda in Küchenthal Handb. d. Zool. Vol. 3, No. **1**.

CAMPBELL, M. H. : 1929. Some freeswimming Copepods of the Vancouver Island region.

Trans. Roy. Soc. Canada, Vol. 23, No. **5**, pp. 303～322.

CARVALHO, J. P. : 1951. Notas SoBRe Alguns Copepodos parasitos de Peixes Maritimos da costa do Estado de Sâo Paulo. Bol. Ins. Pan. Oce. Tome 2, Fasc. **1**, pp. 131～183.

[illegible] : 1952a. Sobre uma Colecâo de Copepods, nâo parasticos, da baida de Santose Suas adjacencias. Ibid. Tomo 3, Fasc. **1～2**, pp. 131～183.

[illegible] : 1952b, Nova especie do Genero Paraleptasta cus Wilson 1932. (Copepoda, Fam. Canthocamptidae). Inst. Oce. Uni. Sâo Paulo, pp. 37～40.

CHACKO, P. I. : 1949. Food and Feeding Habits of the Fishes of Gulf of Manaar. Ind. Aca. Sci. Vol. 29, pp.83～97.

CHENGE, C. and BROWN, W. : 1946. Ecological investigations with the continuous Plankton recorder. Investigation into the Food of the Cod (*Cadus callarias* L.) off Bear Island and the Cod and Haddock (*G. aeglefimus* L.) off Iceland and the Murnan coast. Hull. Bul. Mar. Eco. Vol. 3, No. **18**, pp. 35～71.

千葉卓夫：1938. 尾幌川の鮭鱒孵化成績と親魚遡上時の水質に就いて，鮭鱒彙報，Vol. 10, No. **38**, pp. 93～98.

千葉・鶴田：1951. 東支那海・黄海に於けるプランクトンの分布について．第4報，1950年夏期の対馬海峡に於ける分布．日本水産学会誌，Vol. 16, No. **12**, pp.96～100.

千葉卓夫：1952. 下関漁港のプランクトンの研究，1. 橈脚類 *Eurytemora pacifica* SATO に就いて．日本水産学会誌，Vol. 18. No. **2**, pp.63～66.

CHIBA, T. : 1953a. Studies on the pelagic Copepoda from the Japan Sea. 1. On the Genus *Euchaeta* Philippi 1843. Bull. Jap. Soc. Sci. Fis. Vol. 18, No. **11**, pp. 613～617.

———— : 1953b. Ditto. 11. On the Genus *Pontellopsis* Brady 1883. Ibid. Vol. 18, No. **12**, pp. 691～694.

———— : 1953c. Ditto. IV. On the Genus *Sapphirina* Thompson, with the description of *Sapphirina intestina* male nov. and *Sap. darwinii* male nov. Spe. Pub. Jap. Sea Rea. Fis. Res. Lab. 3rd Ann., pp. 15～20.

———— : 1953d.Ditto. 111. On the Genus of *Temora* BAIRD 1850. Bull. Jap. Soc. Sci. Fis. Vol. 18, No. **12**, pp. 695～697.

———— : 1953e. On the Distribution of the Plankton in the East China Sea and Yellow Sea. Vll. Description on the male of the pelagic Copepoda *Acartia hamata* MORI. Ibid. Vol. 19, No. **6**, pp. 726～728,

: 1953f. Ditto. Vlll. Description on the male of the pelagic Copepoda, *Temora stylifera* and *T. discaudata*. Ibid. Vol. 19, No. **6**, pp. 722～725.

千葉卓夫：1954. 橈脚類 *Calanus darwinii* の形態特に性殖器官に関する研究．水産講習所研究報告，Vol. 3, No. **3**, pp. 33～38.

千葉・鶴田：1955. スンダ列島西岸海域のプランクトンに就いて．水産講習所研究報告，Vol. 4, No. **1**, pp. 83～94.

CLAUS, C. : 1863. Die freilebenden Copepoden mit besonderer berucksichtigung der Fauna Deutschlands, der Nordsee und der Mittelsmeeres. Leipzig. pp. 1～230.

——— : 1893. Ueber die Entwicklung und das System der *Pontelliden*. (Zugleichein Beitrag Zur Nomenclaturfrage.) Arb. Zool. Inst., Wien, Vol. 10, No. **3**, pp.233～282.

CLEVE, P. T. : 1901. Plankton from the Indian Ocean and Malay Archipelago. Kongl. Svenska Vet-Akad. Handl., Vol. 35, No. **5**, pp. 1～55.

———————— : 1904. The plankton of the South African Sea. 1. Copepoda. Marine Investigation in South Africa, Vol. 3 (1905), pp. 177～210.

COOPER, L. H. N. : 1935. The determination of Phosphorous and Nitrogen in plankton. Jour. Mar. Biol. Assoc., Vol. 19, pp. 755～760.

DAHL, M. : 1912. Die Copepoden der Plankton-Expedition. 1. Die *Corycaciden*. Mit Berucksichtigung aller bekanten Arten. Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung, Vol. 2, Kiel und Leipzig.

DAVIS, C. C. : 1949. The pelagic Copepoda of the northern Pacific Ocean. Univ. Washington Publ. in Biol. Vol. 14, pp. 1～117.

———————— : 1955. The Marine and Fresh Water Plankton. Michigan State Univ. pp. 1～279.

DOFLEIN, F. : 1911. Lehrbuch der Protozoenkunde. Jena Verl. Gust. Fish. pp. 30～609.

江上信男 : 1950. 橈脚類の雌雄性の決定と分化. 実験形態学第6輯, No. **5**, pp. 79～86.

ESTERLY, C. O. : 1905. The pelagic Copepoda of the San Diego region. Uni. Cal. Pub. Zoo., Vol. 2, pp. 114～233.

—— : 1906. Additions to the Copepod of Fauna of San Diego region. Ibid. Vol. 3, No. **5**, pp. 53～92.

—— : 1912. The Occurrence and Vertical distribution of the Copepoda of San Diego region with particular referrence to nineteen species. Ibid. Vol. 9, No. **6**, pp. 253～340.

———————— : 1917. Field reserch and laboratory experimenta Their places in ascertaining and explaining habits in Nature. Ibid. No. **4**, pp. 5～10,

FARRAN, G. P. : 1911. Plankton from Christmas Island, Indian Ocean. 1. On Copepoda of the family *Corycaedae*. Zoo. Soc. London, 1913, pp. 285～296.

: 1913. Plankton from Chritmas Island, Indian Ocean. 2. On Copepoda of the genera *Oithona* and *Paroithona*. Zoo. Soc. London, 1913, pp. 181～193.

: 1926. Biscayan Plankton collected during a cruise of H. M. S. Reseach, 1900. Pt. 14. The Copepoda. Ibid. Vol. 36, No. **243**, pp. 219～310.

: 1936. Copepoda Great Barrier Reef-Expedition, 1928～29. Sci. Repts. Vol.5, No. **3**, pp. 75～140.

FRIEDRICH, H. : 1950. Versuch einer Darstellungs der relativen Besiedlungs dichte in der Oberflachen sichten des Atlantishen Ozeans. Kiel Meer. Inst. Mee. Uni. Kiel, Band 7, Heft 2, pp. 108～121.

GAARDER, T. und GRAN, H. H. 1927. Investigation of the production of Plankton in the Oslofjord. Rapports et Proces-Verbaux des Reunions. Vol. 17. Copenhagen.

GIBBONS, S. G. : 1933. *Calanus finmarchicus* and other copepods in Scottish waters in 1933, Fischr. Scotland Sci. Investig. 1936, No. 2, pp. 1～35.

GIESBRECHT, W. : 1892. Systematik und Faunistik der Pelagischen Copepoden des Gulf von Neape lund der angrenzenden Meeresabschnitte. Fauna und Flora des Gulf von Neapel, monogr. 19, Berlin. pp. 1～800.

———— : 1896. Ueber pelagische Copepoden des Rothern Meeres, gesammelt vom Marinestabsarzt Dr. Augustin Krämer. Zool. Jahr. Abt. Syst. Vol.9.

GIESBRECHT, W. und SCHMEIL, O. : 1898. Copepoda. 1, Gymnoplea. Das Tierreich, Lief. 6, Crustacea. pp. 1～165.

GÜNTHER, E. R. : 1934. Observaton on the fatty constituents of marine plankton. 1. Biology of the plankton. Jour. Exp. Biol., Vol. 11, pp. 173～197.

GURNEY, D. : 1930. The larval stages of the Copepod Longipedia. Jnur. Mar. Bio. Asso. Uni. Kingdom. Vol. 16, No. **2**, pp. 461～474.

GURNEY, R. : 1929. Report on the Crustacea-Copepoda (littoral and semiparasitic). Trans. Zool. Soc. London, Vol. 22, pp. 451～577.

———— : 1934. Discovery Reports. pp. 461～477.

HADA, Y. : 1940. Hydrographical Observation and Plankton Studies of Some Brakisch Water Lakes on the Okhotsk Sea coast of Hokkaido in Winter. Sapp. Nat. Hist. Soc. Vol. 16, pp. 147～174.

花岡　資：1939. Harpacticoid Copepoda 2種の繁殖及変態．水産学会報，Vol. 8, No. **1**.

————：1942a. 真正橈脚類の生殖 I. 科学，Vol. 9, No. **13**, pp. 494～496.

————：1942b.　　仝　　上　　II. 科学，Vol. 9, No. **14**, pp. 533～536.

原田五十吉：1935. 淡水産橈脚類に於ける雌雄比率に就て．日本学術協会報告，Vol. 10, No. **3**, pp. 728～730.

HALSE, G.R. and NORDH, E. : 1951. Form Variation in *Ceratium fusus* and *Tripos* populations in cultures and from the Sea. Norske Vid. Aka. Oslo, No. **4**, pp. 1～25.

HEBERER, G. : 1932. Die Spermatogenese der Copepoden II : Das Conjugations und Reduktionsproblem in der Spermatogenese der *Calanoiden* Copepoden mit einem Anhang über die Spermatogenese von *Sapphirina ovatolanccolata* (DANA). Zeitschr. f. Mikros. ana. Forsch. Vol. 31, No. **2**. pp. 556～640.

HENDERSON, G. T. and MARSHALL, N. B. : 1948. Ecological investigation with the continuous plankton recorder. No. 13. The Zoopalnkton (Other than Copepoda and young Fish) in the Southern North Sea 1932～37. Hull. Bul. Mar. Eco. pp. 255～275.

HERTWIG, R. : 1931. Lehrbuch der Zool. 5 Anfl. Jena.

平野礼次郎：1953. 本邦産主要フジツボ類幼生の査定について．日本海洋学会誌，Vol. 8, No. **1**. pp. 139～143.

本城康至：1952. 冬季より春季の伊豆諸島近海の橈脚類の分布. 日本海洋学会誌, Vol. 7, No. **3～4**, pp. 77～78.

石田昭夫：1949. 網走湖に於けるワカサギの食性に関する研究. 北海道水産孵化場報告, Vol. 4, No. **2**, pp. 1～10.

JOHNSTONE, J. SCOTT, A. and CHADWICK, H. C.: 1924. The Marine Plankton. Uni. Pre. Liverpool. pp. 1～184.

川村・小久保：1950. 陸奥湾産鱈 (*Gadus macrocephalus* Til.) に就いて. 青森県水産試験場陸奥湾分場事業報告, pp, 37～49.

KISHINOUYE, K.: 1907. Notes on the natural history of the Sardine (*Clupea melanosticta* SCHLEGEL). Jour Coll. Agr. Tokyo, Vol. 14. pp. 71～103.

KLEM, A.: 1932. Contributions to the study of the oils of Marine Crustacea. 1. The oils of *Meganyctiphanes norvegica* M. SARS and *Calanus finmarchicus*(GUNN). Hvalradetes Skrifter, Nr. 6, pp. 1～24.

小久保清治：1926 津軽海峡の浮游生物. 動物学雑誌, Vol. 38, No. **455**, pp. 296～309.

KOKUBO, S. and TAMURA, T.: 1938. Observation on the plankton and Hydrographic conditions of Aomori Bay during the period 1933～1935. Rec. Rec. Oce. Work Japan, Vol. 10, No. **1**, pp. 1～15.

KOKUBO, K. and MASIKO, K.: 1939. A Limnological study of the Simokita group of Lakes. Aso. Mar. Biol. Sta., pp. 157～174.

KOKUBO, S.: 1939. Quantitative Studies of the neritic littoral Microplankton of Japan Collected at sixteen stations Ranging from Saghalin to Formosa 1931～1933. Ocea. Mar. Bio., pp. 541～563.

———: 1952. Results of the Observations on the Plankton and Oceanography of the Mutsu Bay during 1950. Bull. Mar. Bio. Sta. Asamushi, Vol. 5, Nos. **1～4**, pp. 1～54.

LEVANDER, K. M.: 1947. Plankton Gesammelt in den Jahren 1889～1910 an den Kusten Finnlands. Fin. Hyd.-Bio. Unt., No. **11**, pp. 1～39.

LUCUS, C. E.: 1941. Ecological investigations with the continous plankton recoder, Phytoplankton in the North Sea 1938～39. Part 1-Diatoms. Hull. Bull. Mar. Eco., Nos. 7, 8, Vol. 2, pp. 1～50.

前川・井上・宇都宮・柳井・千葉・鶴田：1953. 周防灘に於ける海況並びにプランクトンの季節的変化に就いて. 山口県内海水産試験場報告, Vol. 5, No. **1**. pp. 73～83.

前川・松清・千葉：1953. 醗酵工場及び人絹工場廃水の三田尻湾に及ぼす影響に就いて. 山口県内海水産試験場報告, Vol. 5, No. **1**, pp. 57～60.

———：1953. ソーダ工場及び鉄板工場の徳山湾に及ぼす影響に就いて. 山口県内海水産試験場報告, Vol. 5, No. **1**, pp.1～7.

MARSHALL ,S. M., NICHOLLS, A. G. and ORR, A. P.: 1934. On the Biology of *Calanus finmarchicus*. V. Seasonal distribution, Size, Weight and Chemical composition in Loch Striven in 1933 and their relation to the phytoplankton. Jour. Mar. Biol. Assoc., Vol. 19,

pp. 793～824.

MARSHALL, S. M. and ORR, A. P. : 1955. Biology of a Marine Copepod. Oliver and Boyd, Edinburgh. pp. 1～166.

MARUKAWA, H. : 1908. Plankton Organisms (Copepoda, collected off the coast of Prov. Boshu, Izu and Suruga) of Japan. Rep. Fis. Inst., Vol. lv.

———— : 1921. Plankton List and Some New Copepods from the Northern Waters of Japan. Bull. de Linst. Ocea., No. **348**, pp. 1～13.

MASIKO, K. and INOUE, A. : 1952. Limnological studies of the Brackish water Lakes in the Hokuriku District, Japan. Jap. Sea Reag. Fis. Res. Lab. 3rd Ann. Fou., pp. 175～191.

松井 魁：136. 鮎 (*Plecoglossus altivelis* T. &S.) の消化系の発達と食性との関係. 水産研究誌, Vol. 33, No. **10**, pp. 1～11.

松井・高井：1951. 東海・黄海主要魚類の生態学的研究, 第3報カナガシラの生態学的研究. 日本水産学会誌, Vol. 16, No. **12**, pp. 144～150.

MATZUDAIRA, C., KARIYA, I. and TSUDA, T. : 1952. The study on the biology of a Mysid *Gastrosaccus vulgaris* NAKAZAWA. Toh. Jor. Agr. Res., Vol. 3, No. **1**, pp. 151～174.

MEISENHEIMER, J. : 1921. Geschlecht und Geschlechter. Vol. 1.

———— : 1930. Ditto. Vol. 2.

宮内武雄：1934. ワカサギの天然飼料に関する研究. 日本水産学会誌, Vol. 3, No. **5**, pp. 281～283.

森 喬以：1929. 朝鮮海峡より採集せし浮游橈脚類に就きて及び二新種の記載. 動物学雑誌. Vol. 41, No. **486**, pp. 161～177, pp. 199～212.

———— : 1932. *Calanus* の疑わしき変異形, 幼若及び其の分類上の考察. 動物学雑誌. Vol. 44, No. **519～20**, pp. 33～34.

MORI, T. : The pelagic Copepoda from the neighbouring waters of Japan. Yokendo. Tokyo, pp. 1～150.

———— : 1940. Two new Copepoda from Japanese waters. Zool. Mag. Vol. 52, No. **8**, pp. 328～350.

元田・小久保：1933. *Calanus cristatus* KROYERI の生態及形態に就て. プランクトン時報, No. **6**, p. 60.

元田・竹内：1948. 春鰊食餌調査 (昭和23年度). 北海道水産試験場研究報告, Vol. 1, pp. 32～44.

元田・佐藤：1949. ホッケ (*Pleurogrammus azonus*) の食餌並に漁場プランクトンの観察. 日本水産学会誌, Vol. 15, No. **7**, pp. 343～353.

元田・飯塚・安楽：1950. 昭和24年夏期に於ける北海道北西海域のプランクトン分布. 北部日本海深海漁田調査委員会, pp. 80～109.

元田・安楽：1952a. 噴火湾プランクトンの生態. 第1報 1950年湾口に於ける垂直分布. 北海道区水産研究所, pp. 17～20.

元田・安楽：1952b. プランクトン調査 (昭和26年度春季及夏季). 北部日本海深海漁田調査委員会, pp. 71～76.

元田・守山：1952. 底棲魚類の食餌組成 (1950～1951). 北部日本海深海漁田調査委員会, No. **3**,

pp. 77～90.

MOBERG, E. G. : 1926. Chemical composition of marine plankton. Third Pan-Pacific Science Congress, Tokyo, pp. 233～236.

中井甚二郎：1938. マイワシ (*Sardica melanosticta* T. & S.) の鰓耙の構造と食餌との関係. 水産研究誌, Vol. 33, No. **12**, pp. 1～15.

————：1941. 重要海産プランクトン10種の化学成分容積重量及び大さ. 日本海洋学会誌, Vol. 1, No. **1～2**. pp. 45～55.

NAKAI, Z. : 1952. On Quantitative Distribution of Plankton reproduced in the Northern Pacific. Tokai Reg. Fis. Res. Lab. special pub. No .**2**, pp. 1～6.

中井甚二郎：1952. 北洋鮭鱒類の天然餌料のプランクトン概観. 水産界. Vol. 815.

中井・本城：1953. 昭和25～27年に行われた鯨標識調査航海採集資料による北海道・三陸・東方海域及び小笠原近海のプランクトン並びにそれと鯨の分布との関係. 捕鯨船舶装備改善委員会, pp. 41～65.

————：1954. 1953年5月～9月 北洋に於いてバイカル丸船団が漁獲した鯨類の胃内プランクトンに就て（予報）. 捕鯨船舶装備改善委員会, pp. 1～7.

NAKAI, Z. and HONJO, K. : 1954. A preliminary report on surveys of plankton and Salmon Stomach contents from North Pacific, 1952. Tokai Reg. Fis. Res. Lab. special pub. No. **3**, pp. 1～12.

NICHOLLS, A. G. : 1933～34. On the biology of *Calanus finmarchicus*. 1 Reproduction and seasonal distribution in the Clyde Sea-Area, during 1932. Jour. Mar. Biol. Assoc. U, K., Vol. V. p. 85～110.

— : 1941. Littoral Copepoda from South Australia (1). Harpacticoida. Records of the South Australian Museum, Vol. 6, No. **4**, pp. 384～425.

OBERG, M. : 1906. Die Metamorphose der Plankton-Copepoden der Kiel Bucht. Wiss. Meeresuntersuch. Kiel. 9. pp. 40～170.

ORR, A. P. : 1933～34a. Weight and chemical composition of *Euchacta norvegica* BOECK. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. 54, pp. 51～55.

————：1934b. On the biology of *Calanus finmarchicus*. Part IV. Seasonal change in the Weight and Chemical composition in Loch Fyne. Jour. Mar. Biol. Assoc., Vol. 19. pp. 613～632.

SARS, G. O. : 1903. An account of the Crustacea of Norwey Copepoda, Vol. 4, Copepoda, *Calanoida*. Bergens Mus. Aarbog.

佐藤忠勇：1913. 浮游性橈脚類. 水産調査報告（北海道水産試験場）第一冊, pp. 1～79.

————：1915a. 明治44年6.7月に於ける本道東南海岸の浮游生物調査. 水産調査報告（北海道水産試験場）第五冊, pp. 1～81

————：1915b. 明治44年7.8月に於ける本道東北海岸の浮游生物調査. 水産調査報告（北海道水産試験場）第五冊, pp. 42～54.

佐藤・山口：1915a. 明治44年9.10.11月に於ける津軽海峡の浮游生物調査. 水産調査報告（北海道水産

試験場）第五冊，

――――：1915b. 明治44年11.12月に於ける津軽海峡の浮游生物調査．水産調査報告（北海道水産試験場）第五冊，pp. 61～86.

――――：1915c. 大正元年1.2月に於ける津軽海峡の浮游生物調査．水産調査報告（北海道水産試験場）第五冊，pp. 90～111.

SCOTT, A.：1902. On Some Red Sea and Indian Ocean Copepoda. Trans. Liverpool Biol. Soc., Vol. 16, pp. 397～425.

――――：1909. The Copepoda of the Siboga Expedition, Part 1. Free-Swimming, Littoral, and Semi-parasitic Copepoda. Siboga Exp., Monog. 29a, pp. 5～320.

SEWELL, R. B.：1914. Notes on the Surface Copepoda of the Gulf of Manner. Spolia Zeylania, Vol. 9, pp. 191～262.

――――――：1929. The Copepoda of Indian Seas. *Calanoidae*. Mem. Indian Mus., Vol. 10, pp. 1～221.

STEUER, A.：1907. Copepoden der Valdivia-Expedition. Zool. Anzeiger. Bd. 29, Nr. **26**.

――――：1910. Planktonkunde. Lei. Ber. Dru. Ver., pp. 188～623.

――：1911. Leitfaden der Planktonkunde. Ibid.

――：1932. Copepoda 6. *Pleuromamma* Giesbr. 1898 der Deutschen Tiefsee-Expedition. Wiss. Ergeb. der Deutschen Tiefsee-Exped., 1898～1899. Vol. 24, No. **1**.

STIASNY, G.：1913. Das Plankton des Meeres. Ber. Lei Gös., Ver. pp. 11～148.

杉目宗尚：1949. 結氷淡水中（流水区域，止水区域）の Plankton に就いて（予報）．日本水産学会誌，Vol. 15, No .**5**, pp. 218～220.

SUYEHIRO, Y.：1942. A study on the Digestive system and Feeding Habits of Fish. Jap. Jour. Zoo., Vol. 10, No. **1**, pp. 1～303.

竹村・山根：1953 北海道西岸で漁獲されたホツケの食餌について．日本水産学会誌 Vol. 19, No. **2**, pp. 111～117.

田村　正：1945. 噴火湾海洋調査報告．函館海洋気象台海洋時報，第2号，pp. 146～167.

――――：1951a. 噴火湾近海に出現するプランクトンの季節的変化に就いて．北海道水産試験場研究報告第8号，pp. 26～37.

――――：1951b. 流氷中のプランクトンの観察．北海道大学水産学部研究彙報，第1巻 34号，pp. 134～137.

――――：1953a. 春季ニシン漁場に於けるホツケの食性に就いて．北海道水産孵化場試験報告，Vol. 7, No. **1～2**, pp. 1～11.

：1953b. 鮭鱒流網漁期に於ける北海道東部沖合のプランクトン分布に就いて．北海道大学水産学部研究彙報 Vol.3，特別号，pp. 56～64.

：1953c. 北海道東部沖合の鮭鱒類の天然飼料の研究（予報）．北海道大学水産学部研究彙報 Vol.3，特別号，pp. 50～55.

田中於菟彦：1935a. 相模湾の橈脚類 Fam. *Eucalanidae* I. 水産学会報，Vol. 6, No. **3**, pp. 142～165.

――――：1935b. 相模湾の橈脚類 II. Fam. *Calanoidae*. 水産学会報，Vol. 6, No. **4**, pp. 210～227.

TANAKA, O. : 1936. On some New Species of Copepoda from Sagami Bay. Jap. Jou. Zoo. Vol. 3, No. **1**, pp. 31～36.

———— : 1936. The Pelagic Copepods of the Izu Region. Kasai Shuppan Insatsusha, pp. 126～136.

———— : 1956. Further Note on *Calanus tonsus* Brady in Jpanese Waters. Jour. Ocea. Soc. VoL. 12, No. **2**, PP. 49～52.

TOKIOKA, T. : 1942. Systematic Studies of the Plankton organismus Occurring in Iwayama Bay, Palao, 1. Introductory Notes, with some reference to the surface water Temperature and the Settling volume of Planktons in the Bay. Palao Trop. Stat. No. 54, pp. 508～510.

———— : 1942. A gigantic Bipinnaria(*B. setoensis* n. sp.) from Seto. Ann. Zoo. Jap., Vol. 21, No. **3**, pp. 152～154.

時岡 隆 : 1942. 岩山湾及パラオ諸島周辺海区に於けるプランクトン量. 科学南洋, Vol. 5, No. **13**, pp. 44～45.

———— : 1942. パラオ礁湖内数地点のプランクトン比較. 科学南洋, Vol. 4. No. **3**, pp. 1～15.

TOKIOKA, T. : 1950. Droplets from the Plankton Net. Seto Mar. Bio. Lab., Vol. 1, No. **5～6**, pp. 153～155.

———— : 1951. Pelagic Tunicata and Chaetognaths collected during the cruises to the New Yamato Bank in the Sea of Japan. Dittto. Vol. 1, No. **1**, pp. 1～25.

———— : 1952. Chaetognaths of the Indo-Pacific. Zoo. Soc. Jap.Zoo. Inst. Tok. Uni., Vol. 25, pp. 307～310.

柘植・小久保・今井 : 1939. 揚子江のぷらんくとんに就いて. 上海自然科学研究彙報, Vol. 9, pp. 65～88.

辻田時美 : 1953. 日本近海に発生する有機懸濁物に関する研究（予報）. 日本海洋学会誌, Vol. 18, No. **3～4**, pp. 113～126.

———— : 1953. 大村湾の海洋生態学的一考察. 日本海洋学会誌, No. 19, No. **1**, pp. 23～32.

鶴田・千葉 : 1954a. 北洋鮭鱒漁場に於けるプランクトンの分布について. 水産講習所研究報告, Vol. 3, No. **3**, pp. 239～245.

———— : 1954b. 中部太平洋鮪漁場のプランクトンについて. 水産講習所研究報告, Vol. 3, No. **3**, pp. 247～253.

UENO, M. : 1934a. Plankton of the Lakes in the Islands of Etorofu (Iturup). Sap. Nat. His. Soc., Vol. 13, No. **3**, pp. 298～312.

———— : 1934b. Subterranean Crustacea from Kwantzung. Ann. Zoo. Jap., Vol. 14, No. **4**, pp. 445～450.

———— : 1934c. 甲殻類体形記載の一方法. 植物及動物, Vol.6, No. **2**, pp. 729～733.

———— : 1936. Zooplankton of Lake Taraika and its neighbouring Waters, Southern Sakkalin. Sap. His. Soc., Vol. 14, No. **3**, pp. 173～178.

UDA, M. : 1934a. The results of Simultaneous oceanographical investigation in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June, 1932. Imp. Aca, Tokyo, No. **5**.

———— : 1934b. Hydrographical studies based on simultaneous oceanographical surveys made

in the Japan Sea and its adjacent waters during October and November, 1933. Ibid., No. **7**.

WILSON, C. B. : 1932. The Copepods of Wood Hole region, Massachusetts. U. S. Nat. Mus. Bull. 158, pp. 1～530.

————————: 1942. The Copepods of the Plankton gathered the last cruise of the Carnegie. Carnegie Inst. Wash. Publ. 536, Sci. Res. Cruise 7 of the Carnegie during 1928～1929 under the command of Capt. J. P. Ault. Biology-1. pp. 1～235.

————————: 1950. Contribution to the Biology of the Philippine Archpelago and Adjacent Region. Copepods gathered by the United States-Fisheries Steamer "Albatros" from 1887 to 1909, chiefly in the Pacific Ocean. Uni. Sta. Gov. Pri. off. Wash., pp. 141～441.

WIMPENNY, R. S. : 1934. Preliminaly observations on the fat content of the Plankton on the English herring grounds in the North Sea. Min. of Agri. and Fis. Inv., Ser. 11., Vol. 2, No. **5**, pp. 1～23,

WITH, C. : 1915. Copepoda 1. *Calanoida Amphascandria*. Danish Ingolf-Expedition, Vol. 3, No. **4**, pp. 200～261.

WOLFENDEN, R. N. : 1904. Notes on the Copepoda of the North Atlantic Sea and Feroe Channel. Jour. Mar. Bio. Assoc. Uni. Kingdom, New Ser., Vol. 7, No. **1**, pp. 110～146.

————————————: 1905. Notes on the Collection of Copepoda. The Fauna and Geography of the Maldive and Laccadive Archipelago, Vol. 2, suppl. 1, pp. 990～1040.

山本喜一郎：1948. 北方産魚類の生態調査. 1. 樺太楽磨附近の浅海魚と其の季節的消長を主とせる生態的考察. 水産孵化場試験報告, Vol. 3, No. **2**, pp. 1～55.

山本孝治：1949. 底魚類の食性に関する研究. 第1報 カレイの食性に就いて. 日本水産学会誌. Vol. 15, No. **5**, pp. 233～208.

山田鉄雄：1933a. 朝鮮海峡に於ける暖流性プランクトンの分布と海況とに就いて. 日本水産学会誌, Vol. 1, pp. 281～286.

————: 1933b. 浮游生物る分布に関する調査報告. 朝鮮総督水産試験場海洋調査要報, No. 7, pp. 1～10.

————: 1938. 橈脚類の分類に関する知見補遺. 水産学会報, Vol. 7, pp. 183～188.

YAMAZI, I. : 1950. Plankton invetigation in inlet waters along the coast of Japan. 1, Introductory notes and the Plankton of Akkeshi Bay Hanasaki inlet and Nemuro Harbour. Seto Mar. Lab., Vol. 1, No. **3**, pp. 93～113.

————————: 1951. Ditto. 11. The Plankton of Hakodate Harbour and Yoichi inlet in Hokkaido. Ibid. Vol. 2, No. **2**, pp. 27～36.

————————: 1952a. Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan.III. The Plankton of Imari Bay in Kyushu. Ibid. Vol. 2, No. **2**, pp. 290～304.

————————: 1952b. Ditto. IV. The Plankton of Nagasaki Bay and Nagasaki Harbour In Kyushu. Ibid. Vol. 2, No. **2**, pp. 305～318.

Studies on the Development and the Systematic of Copepoda.

By

Takuo CHIBA

Summary

1. There are two forms in incubiated type of Copepoda, the one incubiates in body and the other in exo-body. The former has eggs in uterus or oviduct, and the latter has one or two egg-sacs at abdomen.

2. The eggs stocked in egg-sacs are generally larger in shape and less in number. On the contrary those are smaller in shape, but are more numerous.

3. The varieties of incubiated egg numbers have not been recognized by the difference in each latitude, and this nature is to be regarded as the adaptation to pelagic life.

4. The period of reproduction is longer in low laitude than in high one.

5. The spermatophore of Copepoda—in Gymnoplea such as *Scolecithrix*, *Euchaeta* and *Eurytemora*, and in Podoplea such as *Candacia*—is longer in shape. The longest spermatophore was measured 1.4mm long in *Rhincalanus cornutus*.

6. The type of coitus was carried in various ways. The 1st antenna and maxillipede of the male are modified into the grasping organ.

7. The female has one genital pore or two opened at the ventral or dorsal side.

8. The fertilization is performed in the inner-body and the fertilization-ratio is high. There are two kinds of the fertilized eggs: the one is spawned out off body at early development, and the other is stocked in egg sacs and maintained to the Nauplius stage.

9. The writer prefers the following characteristics as the standerd of deviding the reproductive period of Copepoda.

Female

1. with one or two egg sacs hanging at the genital pore,
2. with eggs or egg masses attached to feet,
3. with uterus or oviduct packed with egg-masses,
4. witth spermatophore hanging at the genital pore or at the dorsal side.

Male

1. with spermatophore attached to the 5th foot,
2. with spermatophore hanging at the genital pore,

3. with spermatophore in the body,

4. with spermatophore attached to the 1st antenna.

Besides these, Copepoda in coitus are considered to be in the reproductive period, although such a case is scarcely observable in the oceanic species.

10. The species found in the reproductive period in the Mid-Pacific Ocean were as follows : *Calanus darwinii, Euchaeta marina, Euch. wolfendeni, Euch. flava, Clausocalanus pavo, Scolecithrix danae, Centropages violaceus, Lucicutia flavicornis, Clytemnestra scutellata, Candacia simplex, Cand. truncata, Cand. catula, Sapphirina metallina, Sap. stellata, Oncaea venusta, Corycaeus gibbulus.*

11. The species found in the reproductive period in Bikini regions were the following 37 ones : *Calanus darwinii, Cal. helgolandicus, Cal. tenuicornis, Cal. robstior, Cal. gracilis, Cal. minor, Eucalanus attenuatus, Acrocalanus gracilis, Clausocalanus arcuicornis, Clauso. pergens, Euchaeta marina, Euch. wolfendeni, Euchirella amoena, Lucicutia flavicornis, Luc. ovalis, Heterorhabdus papilliger, Scottocalanus helenae, Scolecithricella danae, Pleuromamma xiphias, Pleuro. gracilis, Centropages violaceus, Centro. elongatus, Centro. calaninus, Pontellopsis perspicax, Candacia catula, Cand. bispinosa, Cand. aethiopica, Corycaeus flaccus, Cory. speciosus, Cory. lautus, Oncaea venusta, Sapphirina stellata.*

There were found many individuals in the reproductive period even at highly contaminated stations as well as in non-contaminated region.

12. The species found in the reproductive period in the western Sea regions of the Sunda Islands were as follows : *Calanus darwinii, Cal. vulgalis, Cal. helgolandicus, Euchaeta marina, Euch. wolfendeni, Euch. concinnus, Euch. flava, Scolecithrix danae, Haloptilus longicornis, Centropages furcatus, Candacia truncata, Cand. bispinosa, Corycaeus gibbulus, Cory. speciosus, Cory. crassiusculus, Cory. catus, Setella gracilis, Miracia efferata, Oncaea venusta, On. media.*

13. The writer has observed the deformities of Copepoda in *Calanus darwinii, Cal. vulgaris, Cal. pauper, Cal. gracilis, Undeuchaeta plumosa, and Undeuchaeta* sp. These phenomena of deformities were especially found in the last thoracic segment, 1st antenna, furcal styles and furcal setae. But the occurrence of the defomities was scarce.

14. The forms of the Copepoda in the period of metamorphosis are modified into various ones. There are many species which can not recognized the difference between the adult and the larva, as if it seems to be the different species. These varieties of form can be seen in the external form, especially in the 1st antenna, last angles of thoracic segment, genital segment, furca, 5th pair of feet and furcal setae. The report on the larva of Copepoda is

very rare, so we meet with much difficulty in the case of determination of species. The larvae have been often reported as new species. For this reason, the writer reports larval plankton, such as *Calocalanus pavo*, *Euchaeta marina*, *Euchirella amoena*, *Scolecithrix danae*, *Tortanus forcipatus*, *Metridia lucens*, *Pleuromamma xiphias*, *Centropages violaceus*, *Candacia discaudata*, *Cand. bipinnata*, *Cand. truncata*, *Clytemnestra scutellata*.

15. The metamorphosis in *Eurytemora pacifica* has five stages in Nauplius and six in Copepodite. The metamorphosis from Nauplius to Copepodite makes rapid progress.

16. The separation between the head and the abdomen occured in 1st stage of Copepodite. The 5th pair of feet appeared in the third stage, and their border lines were distinctly observerd in the forth stage.

17. The knee-articulation of the 1st antenna, swelling at the middle part in male appeared in the 4th Copepodite stage, and it became the complete grasping antenna in the 6th stage. The 1st antenna of female consists of 15 segments as well as males, and the segment number increased with the development of the metamorphosis. They consist of 25 segments in the adult.

18. The writer reports new species, such as *Pontella indica*, *Centropages pacificus*, *Undeuchaeta japonica*, *Haloptilus pacificus*, *Scolecithricella pacifica*.

集魚灯で誘致した魚群の形状と巾着網の操業に就いて※

千種正則・片岡昭吉・広瀬　誠

Forms of fish shoal lured by the fish lamp and setting direction of purse seine.

By
Masanori CHIGUSA, Akiyoshi KATAOKA, and Makoto HIROSE.

It is of great importance for study of purse seine to investigate behaviour of fishes making erratic swimming, and being distributed around fish lamp and to take into consideration how to set a net to meet various requirements.

Some experiments were carried out from July to August, 1955 with the following results :

Case 1　Fish lamp set on the surface. The school of fish has relations to lighted area, and its thickness is proportional with it.

Case 2　Fish lamp set below the surface. The density of school lower but its extent is larger than the case I.

Case 3　Fig. 12 shows an ideal net opration, namely, switching off under-water lamp and on surface-lamp before making a set.

緒　　言

従来，魚族と灯火の関係は，種々研究されているが，巾着網漁業に於いて，集魚船（所謂灯船）に依り集魚された魚群の状態に対し如何なる形に投網を行ふかの関係は，未だ充分研究されて居らない．筆者等は巾着網に関する研究の一部門として，灯船により集魚された魚群は，灯火を中心として如何なる状態に分布洄游して居るかを調査し之に対する投網法を考察した。

本文を草するに当り御指導を賜つた，豊田教授，調査に協力された本所板村技官，下関大和町大石商店の各位に厚く感謝の意を表す。

1. 調 査 の 方 法

調査は昭和30年6月より8月迄の3ケ月間に亘り，大石商店の巾着網操業中に，同商店の魚探船を使用し，又山口県角島を中心とする鰮巾着網に対しては本所内火艇を使用し，灯船を中心とした四周の魚族の状態を魚群探知機に依り記録した。

使用した漁船及び魚群探知機は次の通りである。

※ 水産講所習研究業績　第189号

魚探船　　第21亀島丸
18.65 × 4.00 × 1.96m　120HP　焼玉エンヂン
第15艇
9.85 × 7.10 × 0.72m　8 HP　ヂーゼルエンヂン

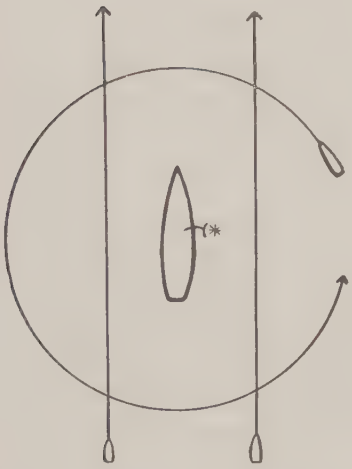


Fig. 1. Exprimental method to inquire into the fish-schools around fish lamp by means of fish-detector.

使用魚群探知機の種類及び型式

1. K 261 A型　14.5kc　0～160m
　水産電気製　紙送速度　15.7 粍/分
2. SF－202 型　24kc　0～100m
　日本電気製　紙送速度　24 粍/分

調査の方法は

（1） 灯船に依り集魚を開始した後，第1図の如く灯船を中心として各種の半径に依り，魚探船を2～3節の速力で円形に運航して，魚探船下の魚群を，魚群探知機で記録し，灯船を中心とする魚群の分布，状態を調査した（第2図）。

（2） 灯船に集魚された魚群が，水平方向に如何なる範囲迄拡がつて居るかを，第1図の如く，魚探船を運航して，その游泳範囲の状況を魚群探知機に依り，記録調査を行つたものが第3図の記録例である。

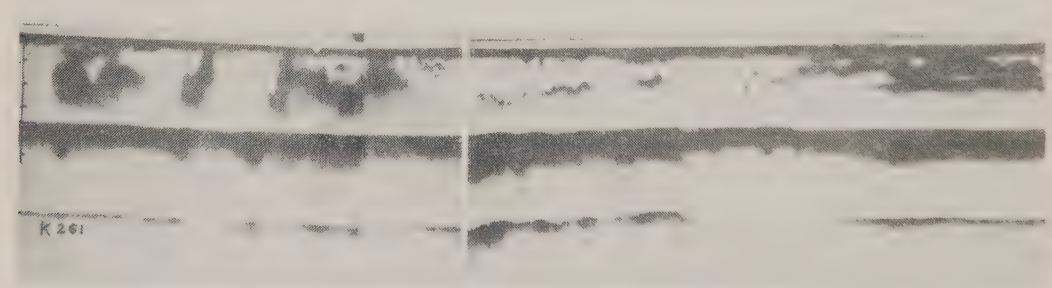


Fig. 2. The fish-schools recorded by fish-detector by method mentioned in Fig. 1.

調査は何れも海上平穏な暗夜を選んだ。

2. 調査の結果，及灯火に誘致された魚群に対する考察

（1） 上記の方法に依る調査の結果は水上灯の場合第4図の魚群探知記録に表れた通りで，之を水平分布，垂直分布に分けて見ると，

a．此の魚群（主として小鰯及小鰺）

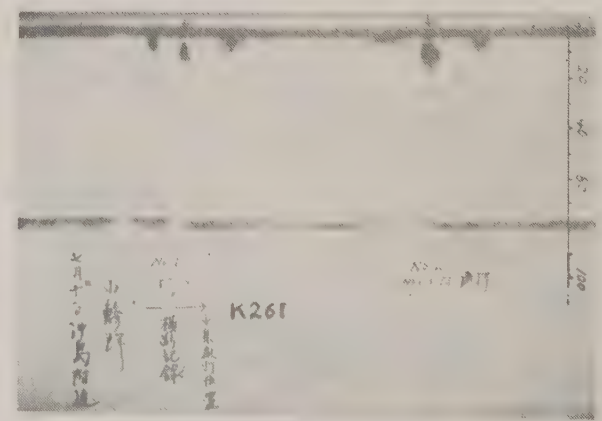


Fig. 3. The record of horizontal distribution.

の水平分布を見ると,従来漁業者には,単に,灯船を中心として略々円形に分布していると云はれていたが,実際の分布の状態は,水平分布は第5図,灯船の集魚灯側に多く集り,垂直分布は第6図,集魚灯側の方が浅所迄浮上していることが分かる。

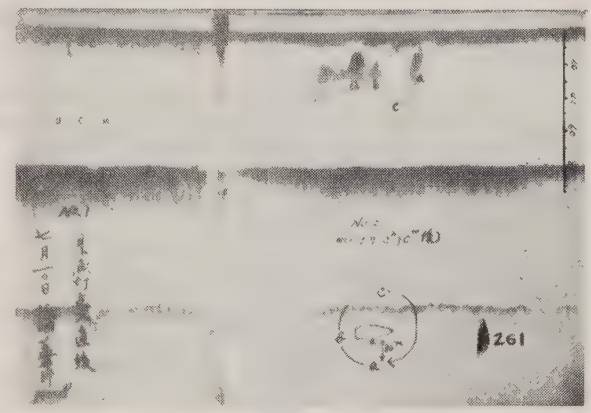


Fig. 4. The record of fish-schools by surface fish lamp.

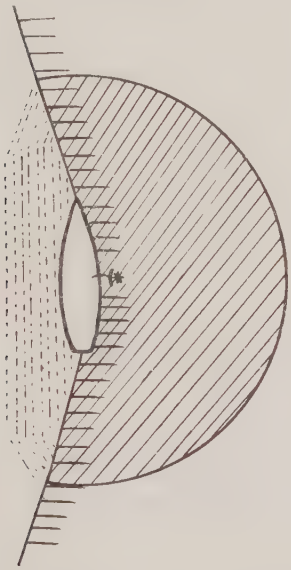


Fig. 5. A distribution chart of horizontal fish-schools and the lighted area of the surface.

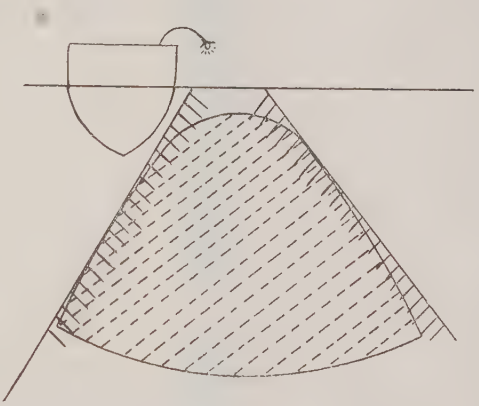


Fig. 6. A distribution chart of vertical fish-schools and the lighted area of the surface.

此の事実は,水上灯の場合,灯火の光達範囲と,魚群分布範囲が略々一致すると考えられる点より見て,灯船が水上灯を使用するために生ずる結果であると考えられる。

b. 上記の結果より見て,小鰯,小鯵の魚群は,従来から研究された結果と同様,或る低い照度を限界として,その照度より強い照度内を遊泳している事が確認される。

c. 誘致された魚群の垂直分布は,誘致開始前の游泳層に関連があり,中層を游泳中の魚群を集魚した場合は,魚群の最深部は,比較的上層(浅所)にあるが(第7図参照),海底の魚群を誘致した場合は,前者に比し,魚群の最深部は深い(第2図参照)。魚群の最浅部はその時の気象,海況に依り異るが,集魚灯点灯後約2時間位で,小鰯群に於ては,殆ど水面迄,小鯵群に於いては,水面下約3尋位迄(時に完全浮上することあり)浮上する。

(2)水中集魚灯使用の場合は

a. 水上灯の場合の如く,船体に依る光達不能範囲がないから,魚群は水中灯を中心として,水平的にも,垂直的にも略々円形に分布していると思はれる。

b. 魚群の分布範囲は同一光力の場合,水上灯に比し,遙かに広範囲となる。然し魚群探知記録より見て,単位容積当りの魚群の密度は少い。

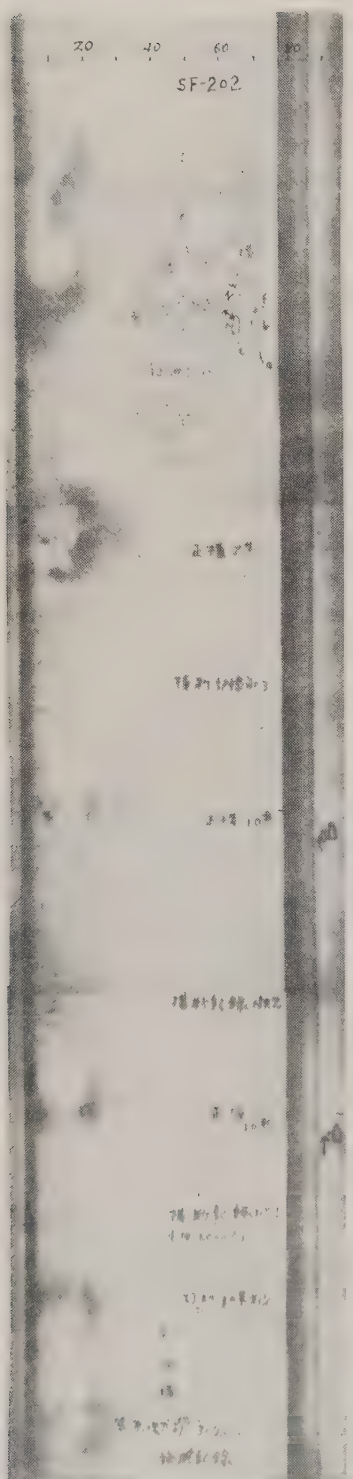


Fig. 7. The fish-schools with under-surface lamp recorded by fish-detector.

c．水中灯使用の場合の特徴としては，第7図の如く，魚群は一応，広範囲に薄く分布し，且つ，照度の非常に低い或部分（灯火より可成り離れた部分）に第8図の如く，1群或は2群の，魚群が認められる事である。此の濃密な魚群の位置と，水中灯との関係に就いては，今回の実験では確める事が出来なかつた。

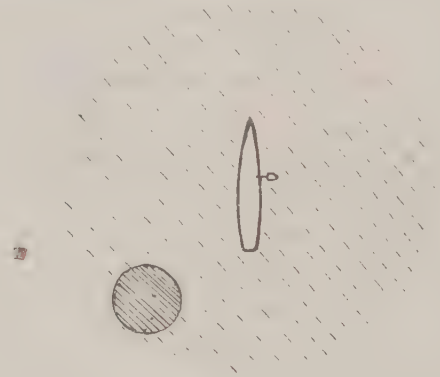


Fig. 8. The distribution chart of fish-schools around uuder-surface lamp.

3. 灯火に誘致された魚群と巾着網操業との関係に対する考察

（1） 水中灯を使用した場合

a．今迄，巾着網は灯火を中心として，略々円形に投網して居たのであるが2の結果より見て，魚群の位置は，灯火を中心として，円形に泅游しているのではなく，主として，灯火舷側のみを泅游しているのであるから，少くとも本研究が対象とした，小鰯，小鯵群に対する投網法は，第9図の如く，灯火舷側を広く，反対舷を狭く囲

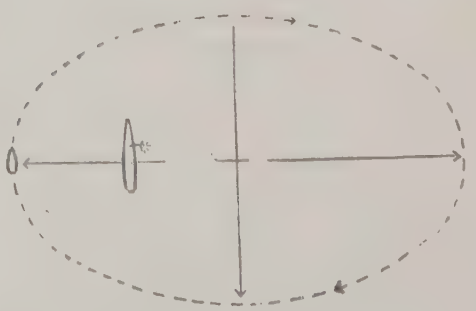


Fig. 9. The ideal net operation for fish-schools around under-surface lamp.

繞する様に投網すべきである。即ち投網後の網の形状は第9図の様に，灯火舷側の方に長い楕円形を，適当とする。

b．巾着網漁業に於いては，投網後の船位は，網に対して風下，或は潮上になければならないが，前記3—(1)—aより，現在操業中の，灯船の確泊法は，投網する場合の，風，又は潮に対する投網方向に対して誤つていると思はれる。即ち，現在の灯船は，風又は潮に対して，立つている。然るに投網の場合は，風，潮を考慮せねばならず，その投網法は，第10図の如くなり，網船を中心とした投網となり上記の理想とする投網法（第9図）と反対の楕円となる為，囲繞した面積の略々半分は魚群の居ない場所で，誘致した魚群を途中で切つて投網して居ることになる。従つて，灯船と風，潮流との関係は第11図となる様確泊法を考慮しなければならない。

（2）　水中灯を使用した場合

a．現に，　山口県北浦方面に於ける操業は，　集魚の際は，水中・水上両集魚灯を使用し，投網直前に1個の水中灯に依り，誘致し，投網しているが，之は，

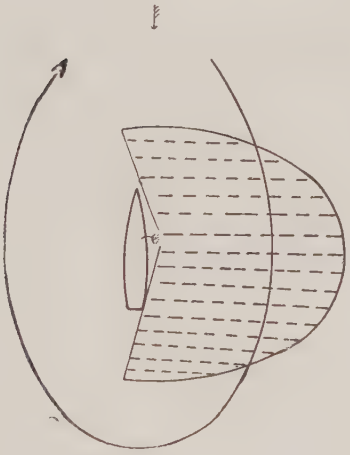


Fig.10. Commonly used method taking current, with direction and force into consideration.

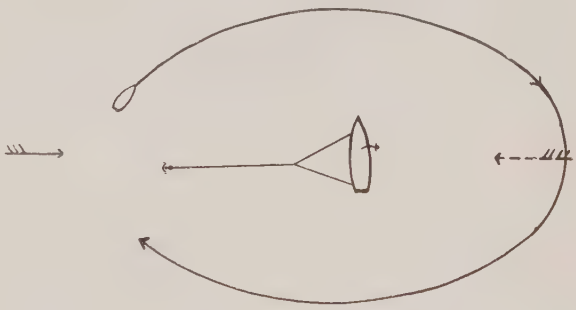


Fig. 11. The ideal anchoring and net operation of lighted ship taking current or wind into consideration.

2—(2)より見て，誘致した魚群を広範囲に薄い密度で分布させる為，現在の網設計では，完全に囲繞することは不可能で，不利である。水上，水中両灯を併用する場合，先づ，水中灯にて広範囲の魚群を誘致し，投網直前に於いて，水上灯に依り，魚群を小範囲に集め投網する方が，有利と考えられる。

b．若しも，水中灯のみを使用して操業する場合には2—(2)—cの如く，集魚範囲中何れかの場所に，濃密な魚群がいるので，之を探知し，この魚群を中心として，投網する方が有利であると思はれる。

摘　　要

小鰺，小鰯を対象とした巾着網漁業に於ける，水上・水中両集魚灯による，集魚状態，及び魚群の分布範囲を，明確に調査し，之に対する投網法を考察した。

その結果

（1）　水上集魚灯に於いては，今迄魚群が略々円形に分布して居るといはれていたが，実際は，殆んど灯火舷側に広範囲ではないが，極めて良く魚群が浮上していることが分つた。

（2） 水上灯使用の場合は，魚群の分布範囲と，灯火の光達距離が略々一致していると思はれる。

（3） 水中灯に於いては，広範囲に薄く分布し，水上灯の如く，水面迄浮上せず，且つ，灯火より離れた照度の非常に低い，或る部分に，濃密な1群或は，2群の魚群が認められた。

（4） 水上灯を使用した場合の，巾着網の投網法は，現在行はれている投網法ではなく，第11図の如く投網するのが，理想的である。その際の灯船の碇泊法は，風潮に対して直角となる様考慮せねばならぬ。

（5） 水中灯を使用した場合は，投網直前に水上灯に切換え魚群を集めるか，又は，照度の低い部分に泅游する，濃密な魚群を中心として，投網する方が有利であると思はれる。

参 考 文 献

1） RICHARDSON, I. D.: 1952. Some reactions of pelagic figh to light as recorded by echo-sounding. Ministry of Agriculture and Fisheries, Fishery Investigations, Series 2, **18** (1).

2） 佐々木忠義：1953. 集魚灯，イデア書院.

3） 古野清孝：1953. 魚群探知機によるアジ群の生態について，（日水誌）**18** (3).

4） 〃　：〃. 魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態.

5） 佐賀県水産試験場：1951. 水中灯と水上灯の効果比較試験，佐賀水産試験場業務報告.

魚類に分布する結晶 Guanine の屈折率の研究※

上田　正・松沢定五郎

On refractive index of crystal guanine from marine fish.

By
Tadashi UEDA and Jōgorō MATSUZAWA.

Refractive indices of crystals of guanine from marine fish were determined by the high-index immersion liquid method, which was introduced by ROBERT MEYROWITCH and ESPER S. LARSEN. The results obtained are as follows:—

1) The refractive indices range from N_D^{20} 1.682 to N_D^{20} 1.724
2) The refractive index of crystals varies mainly with the crystal form and the species of fish from which samples are obtained.
   As for crystalline forms, they are grouped as mentioned below.
   hexangular forms —— N_D^{20} 1.682—1.716
   raphis forms —— N_D^{20} 1.716—1.724
3) The lustre-intensity of a fish body is not directly related to the refractive index of its crystal guanine.
4) The refractive index of raphis crystal form of *Trichiurus lepturus* proved to be remarkably high, over N_D^{20} 1.733.

緒　言

海産魚類に分布する Guanine の結晶は魚種により又分布箇所により其の形を異にする。よつてその重要な物理的性質である屈折率を魚種及び結晶形別に測定した。

1. 測定方法

Guanine 結晶は顕微鏡的小形であり，且又高屈折率の為測定されてないが，R. M.[2] 氏等が高屈折率浸液の安定なるものを調製することに成功したので測定可能なることを知り，本研究では此浸液を使用することにした。即ち液浸法により Becke's line の移動を顕微鏡観察し屈折率を決定した。

浸液の調製は R. M. 氏の方法を c.c. 数に換算し混合して12種の浸液を作製した。夫等の屈折率は浸液を中空プリズムに入れ分光計でD線を用いて測定した。混合割合と屈折率測定値を示せば第1表の通り。尚これを図表で示すと第1図の如くなる。

※ 水産講習所研究業績　第190号

Table 1.

α—bromo naphthalene (cc)	Precipitated sulfar in $AsBr_3$ (cc)	Refractive index (N_D^{20})
20.0	0	1.655
18.2	1.09	1.662
15.9	2.15	1.671
13.7	3.25	1.682
12.1	4.0	1.691
10.75	4.63	1.699
10.33	4.8	1.702
10.0	5.0	1.704
9.73	5.15	1.706
8.35	5.85	1.716
7.4	6.4	1.724
6.37	7.0	1.733

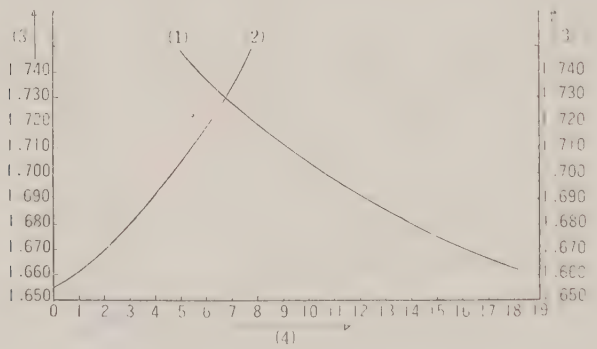


Fig. 1.
(1) α—bromo naphthalene (2) Precipitated sulfar in $AsBr_3$
(3) Refractive index of immersion liquid. (N_D^{20})
(4) CC of α—bromo naphthalene and solution. of Precipitated S in $ArBr_3$

2. 試料の作製

a) 魚体から鱗を剝離し，その鱗に分布する Guanine を水採り法で抽出し，これをガソリンに分散させて試料とする。

b) 次に鱗を剝離した皮組織中に分布する Guanine を水採り法又は油採り法で分離抽出しこれをガソリンに分散させて試料とする。(たちうをの場合は此法を採用する)。

c) 体腔膜に分布する Guanine は膜組織を剝離しこれを溶解せしめて水採り法にて抽出しこれをガソリンに分散させて試料とする。

d) 鰾に分布する Guanine は c 法と同様の方法を採る。

3. 測　　定

ガソリンに分散させた試料は検鏡用デツキグラス上にとり，ガソリンを揮発せしめて其上に

各浸液を滴下して，これをカバーグラスで覆つて検鏡し Bcke's line の移動の方向を観察して屈折率の測定を行つた。各試料の屈折率の値は第2表の通り。

4. 測　定　表

Table 2. Refractive index of crystal guanine.

Species		Crystal form	Refractiue index (N_D^{20})
Nemipterus virgatus	(いとより)	hexangular	1.682～1.691
Uper lateral line. Nibea argentata	(しろぐち)	〃	1.691～1.699
Sillago sihrama	(きす)	〃	〃　〃
Pampus argenteus	(まながつを)	〃	〃　〃
Scomber japonica	(まさば)	〃	〃　〃
Ilisha elongata	(ひら)	〃	1.699～1.702
Saurida undosquamis	(まえそ)	〃	〃　〃
Under lateral line Nibea argentata	(しろぐち)	〃	〃　〃
Etrumeus micropus	(うるめいわし)	〃	〃　〃
Branchiostegus japonicus japonicus	(あかあまだい)	〃	〃　〃
Brevoortia tyrannus		〃	〃　〃
Pseudosciaena manchurica	(きんぐち)	〃	〃　〃
Chrysophrys major	(まだい)	〃	1.702～1.704
Lateolabrax japonicus	(すゞき)	〃	〃　〃
Nibea imbricate	(ほんにべ)	〃	〃　〃
Engraulis japonicus	(かたくちいわし)	〃	〃　〃
Sphyraena	(かます属)	〃	〃　〃
Oncorhynchus nerka	(べにます)	〃	1.704～1.706
Döderleinia berycoides	(あかむつ)	〃	〃　〃
Nibea albiflora	(こいち)	〃	〃　〃
Beryx splendens	(きんめだい)	〃	1.706～1.716
Chimaera phantasma	(ぎんざめ)	〃	〃　〃
Pseudosciaena manchurica	(きんぐち)	raphis	1.716～1.724
Trachurus japonicus	(まあぢ)	〃	〃　〃
Nibea argentata	(白ぐち)	〃	〃　〃
Apogon semilineatus	(ねんぶつだい)	〃	〃　〃
Ilisha elongata	(ひら)	〃	〃　〃
Etrumeus micropus	(うるめいわし)	〃	〃　〃
Engraulis japonicus	(かたくちいわし)	〃	〃　〃
Sardinia melamosticta	(まいわし)	〃	〃　〃
In diaphragm :- Rhynchocymba nystromi	(ぞんあなご)	〃	〃　〃
In air bladder :- Muraenesox cinereus	(はも)	〃	〃　〃
Trichiurus lepturus	(たちうを)	〃	above 1.733

5. 考　　察

(1) Guanine の屈折率は主として魚種及びその結晶形によりて又差少ながら其分布箇所によりて異り，其等の値の範囲は一般には N_D^{20} 1.682～1.724 であつた。

（2） 屈折率を結晶形別に配列すると六角板状結晶のそれは N_D^{20} 1.682～1.716，針状結晶のそれは N_D^{20} 1.716～1.724 となり明らかに結晶形別範囲差が認められた。

（3） たちうを（*Trichiurus lepturus*）のそれは特別に高い値を即ち 1.733 以上を示していることは注目に価する。

（4） 肉眼的には光沢の強い魚（例．ひら）の guanine も弱い光沢の魚（例．まあそ）のそれも屈折率に於いては差がない事は魚体の銀白色光沢の強さは Guanine 結晶の屈折率のみによるものでないことを示すものであらう。

附記．此研究に当つて種々の御指導を承つた本所深沢文雄氏，神谷鐘吉氏，手島逸郎氏に深甚の謝意を表する。

文　　献

1） 中田 彬・松沢定五郎：1955．魚類に分布する結晶 Guanine の研究．農水講研報 **5** (2)．

2） MEYROWITCH, R. and LARSEN：1952．A New series of immersion liquids. Journal of Mineralogical Society of America. **37**. (11～12)．

3） 桑原利秀：1948．顔料，増進堂．

稚鯉の栄養に関する研究

第1報　餌料蛋白含有率の差異が稚鯉の成長及び斃死率に及ぼす影響に就いて※

赤　築　敬　一　郎

Studies on Nutrient of Carp-fry.
1. Effect of Variations in Protein Content in Diet upon Growth and Mortality of Carp-fry.

By
Keiichiro SYAZUKI

A culture of carp-fry was carried out for 4 ½ months with a view to examine effects of protein content in diet on their growth and mortality. Composition and protein content of diet used in the experiment are shown in Table 2. The results obtained are as follows:

1. Proper content of protein in the diet was found 25％—50％. But more specifically, 40％—45％ were the most favorable for carp-fry below 3 months and 25％—30％ above 3 months in age.
2. The fry fed on 25％—50％ of protein content have grown nearly the same, with feed-coefficient 2—3.
3. High mortality together with low growth rate was found when administered with diet with either more than 45％ or less than 20％ of protein content.
4. Fffect of raw beef liver added at a 10 percent level on dry basis was recognized when fed on the diet having much peotein (40％—50％) and it was remarkably evident in fry of younger stages.

緒　　言

養魚池，稲田，溜池等に於ける稚鯉の育成は天然餌料で行うのが最も適当であつて，施肥，有害水中植物の駆除等の手段により天然餌料の増産が行われている。しかしその生産量には限度があり，限られた水面で多量の稚鯉を飼育するには人工餌料の補給が必要である。然し人工餌料を給与した場合は天然餌料のみの場合に比して成長，斃死等の点で劣る事が多数の飼育試験結果により指摘されており，これは明らかに魚類の栄養特に人工餌料の栄養化学的研究が不充分で不明のまゝ残されている部分が少くない為である。従来より魚類の栄養に関しては多数の業績が発表されているが，これらの多くは栄養的に不完全な餌料による研究或は比較的短期

※ 水産講習所研究業績　第191号

間の飼育結果であつて，これらを直ちに実際の養魚上には適用し難い。

飼料蛋白含有率に関する既往の業績として，KNAUTHE は鯉の各年令に対する栄養率の標準を定め稚鯉には天然餌料の栄養率に近い0.5～0.8を適当とし[1]，関根・柿崎[2]は河鱒，右田・花岡[3]は金魚を用いて飼料蛋白含有量と魚体蛋白増生量との間には定量的な関係のある事を明らかにし，前者は体蛋白増生量が最大値を示す時の飼料蛋白含有率を42.5%，後者は63.67%とした。花岡・古川・小笠原は[4]は飼料栄養比の異る場合の蛋白消化率を測定し，消化率及び体重増加より考へて飼料蛋白含有率の範囲は40%～60%が適当である事を提唱した。又松井・大島[5]，右田・花岡・都筑[6]，関根・柿崎[2]等は蛋白に偏した飼料では斃死率の高い事を指摘し，更に関根[7]，右田・花岡[8]は飼料蛋白の経済的給与量に関する検討を行つた。一方 MC CAY 及び協同研究者等[9)～12)]は鱒の栄養に関して詳細な検討を行い鱒の栄養には飼料蛋白含有率は25%で充分であり，それ以上に蛋白含量を多くしても成長は促進されず，却つて高蛋白飼料では斃死率が高くなる事を認め，又魚類の栄養には特殊栄養因子即ち Factor II の必要な事を明らかにし乾燥飼料に新鮮な獣類内臓を添加すれば成長を促進させ高蛋白飼料による斃死を防止出来る事を認めた。

上記諸業績の示す通り魚類の栄養上適当な蛋白含有率は研究者により差異があり，又魚種及び年令により異るものと思われるので，筆者は稚鯉の成育上適当な飼料蛋白含有率を明らかにする目的で蛋白含有率の異なる合成飼料及びこれに生牛肝を添加したものを用いて稚鯉の飼育試験を行つたので，茲にその結果を報告する。

材料及び方法

飼育実験は6月12日より10月27日までの4ケ月半に亘つて行い，全期間を第1期，6月12日～7月12日，第2期，8月3日～10月27日の2期に分けた。第1期には孵化後3週間を天然餌料で飼育した平均体重0.11瓦の稚鯉を100尾ずつ，第2期には第1期の供試魚を引続き同一餌料で飼育したものを9～15尾ずつ実験に供した。

供試餌料はカゼイン，澱粉，酵母，塩類及び生牛肝を適当に配合したもので9試験区を設けた（第1及び第2表）。此等の餌料は給与前にカゼイン，澱粉，酵母及び塩類の混合物を少量

Table 1. Chemical composition of ingredients in diet used.

Component / Material	Moisture (%)	Percentage in dry matter			
		Crude protein	Crude fat	Crude ash	Nitrogen free extract
Raw beef liver	68.2	72.50	13.91	5.24	8.35
Yeast	10.4	46.19	1.29	6.98	45.54
Starch	17.4	0.50	0.00	0.22	99.28

の水で潤し，此れに生牛肝，バター及び肝油を添加しよく練合わせて白色磁性皿に入れ実験槽底に静かに沈めた。バター及び肝油は3日毎に夫々5%及び1滴ずつ給与した。生牛肝は60%酒精に浸け冷蔵庫中で保存し1週間毎に新鮮物と取換へた。投餌量は2時間以内に食尽すように摂餌状態に応じて魚体重の3～10%の範囲で全区に同一量を毎日一回投与した。

飼育槽は40L容水甕を土中に埋め水量を30Lとして使用した。飼育水はプランクトンネットで濾過した池水を用い毎日約½量ずつ換水し，竹簀で覆つて水温を20～30°Cに保つた。尚

Table 2. Composition and protein content of the diet used.

ingredients \ No. of pond	A	A′	B	B′	C	C′	D	D′	E
Casein	70	70	50	50	30	30	15	15	0
Starch	30	30	50	50	70	70	85	85	0
Yeast	5	5	5	5	5	5	5	5	0
Salt mixture *	5	5	5	5	5	5	5	5	0
Raw beef liver	—	+**	—	+	—	+	—	+	100
Content of protein (%)	58.95	60.31	46.32	48.94	25.56	30.24	16.66	22.24	72.50

* McCollum's salt mixture No. 185
** Raw beef liver was supplemented at a 10 per cent level on dry basis.

甕底の糞，残餌等の沈澱物は毎日サイフホンで除き，15日毎に甕の清掃を行つた。

魚体重は供試魚を迅速に濾紙上に取揚げて水分を除き粗天秤上に乗せた水槽に入れて測定した。生存魚は10～15日毎，斃死魚は発見直後に秤量し，行方不明魚の体重は発見時と前回測重時との平均魚体重の平均値を採用した。全魚体増重量，成長率，餌料係数等は斃死及び行方不明魚の体重を加へて算出した。

結果及び考察

I. 第 1 期

実験後10日目毎の生存尾数は第3表，10日及び30日後の飼育結果は夫々第4及び第5表に示す通りである。

Table 3. Number of fish alive during the 1st period.

Time on exp. (days) \ No. of pond	A	A′	B	B′	C	C′	D	D′	E
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	94	94	100	100	100	99	97	97	98
20	61	87	99	96	96	95	95	93	96
30	4	11	31	95	92	90	86	88	93

Table 4. Growth after 10 days in the 1st period.

No. of pond	A	A′	B	B′	C	C′	D	D′	E
Average weight of fish alive (g)	0.162	0.183	0.166	0.170	0.143	0.141	0.138	0.141	0.155
Total increase in body weight (g)	5.00	7.06	5.66	6.00	3.30	3.00	2.76	3.07	4.45
Growth rate (%)	146	173	151	156	130	127	125	128	140
Mortality (%)	6	6	0	0	0	1	3	3	2
Feed coefficient *	2.01	1.56	1.90	1.83	3.33	3.55	3.99	3.58	2.47

* Total feed consumed was 11 grams.

斃死率 最初の10日間は斃死少く各区に大差はないが，A及びA′区はその後摂餌が不良となり15日目頃より斃死が顕著でA区は30日，A′区は40日後に全滅した。B区は20日後摂餌が悪くなり25日目頃より急激に斃死し始め30日後には69%の高斃死率を示した。その他の区は

Table 5. Growth after 30 days in the 1st period.

No. of pond	A	A′	B	B′	C	C′	D	D′	E
Average weight of fish alive (g)	—	—	0.171	0.192	0.163	0.166	0.146	0.150	0.208
Total increase in body weight (g)	—	—	6.30	8.13	5.21	5.42	3.50	4.37	9.53
Growth rate (%)	—	—	157	174	147	149	132	140	187
Mortality rate (%)	96	89	69	5	8	10	14	12	7
Feed coefficient *	—	—	5.24	4.06	6.34	6.09	9.43	7.55	3.46

* Total feed consumed was 33 grams.

5～14%の範囲で斃死の大部分が測重時の魚体の傷害に原因すると考えられるから飼育中の減亡率は更に低率となるはずである。生牛肝添加効果は30%以下の低蛋白飼料区には殆ど認められないが，B区とB′区との斃死率に大差を生じた事から高蛋白飼料に対しては明らかに好影響が認められる。

成　長　最初の10日間は各区とも順長な成長を示しA′区が最大，D区が最小で成長率は夫々173%及び125%，全増重量では夫々7.06g及び2.76gを示した。10日以後はE区を除いて各区とも成長が鈍り30日後にはE区が最大の成長を示し成長率及び全増重量は夫々187%及び9.53gで成長は蛋白含有率の大きい区ほど良好であつた。生牛肝添加効果は，高蛋白区では生牛肝添加による蛋白含有量の増率が僅少であるに拘らずA区とA′区との最初の10日間及びB区とB′区との30日間の成長に大差を生じた事から明らかに好影響が認められるが，低蛋白区では生牛肝添加により蛋白含有率がかなり増大するのでその効果は余り明かでない。

餌料係数　各区に同量を投餌したから餌料係数は全増重量に反比例し最初の10日間はA′区が最小，D区が最大で夫々1.56及び3.99を示し，30日間ではE区が最小，D区が最大で夫々3.46及び9.43となり最初の10日間に比べて各区の餌料係数2～3倍を示すが，これは10日以後の成長が低下した為である。

本実験の後半に於いて屢々鼻上げを認めたので20日後の換水前後の溶存酸素を毎日測定したが換水前後の溶存酸素量は夫々2mg/L以下及び7mg/L以上で換水前には明らかに溶存酸素が不足するのを認めた。亦昨年放養尾数を20尾ずつとして同一条件で予備実験を行い1ケ月後にA，B及びC区の斃死率として夫々95%，40%及び10%，C区の成長率及び餌料係数として夫々200及び2.78なる結果を得ており，放養尾数を100尾とした本実験結果に比べてA区の斃死率は殆ど等しくC区の成長率が大きく10日以後でも成長の低下は認められないこと，従つてA及びA′区の高斃死率は主に餌料蛋白含量の高率が原因となり，又各区の後半に於ける成長の低下は放養密度の高いことによる鼻上げが主因であると推察される。飼育結果を総括的に見ればE区（生牛肝）が最良でB′区（カゼイン　50%）がこれに次ぐ成績でA及びA′区が最悪であつた。然しE区が最高の蛋白含有率であるに拘らず最良の成績を示した点より高蛋白合成餌料でも生牛肝の添加量を増せば斃死を防止出来るものと考えられる。又E区とB′区との差は僅少であるから経済的には餌料蛋白含有率は約50%が幼少な稚鯉に対して適当である。

II. 第　2　期

実験後70日の飼育結果は第6表，又85日間の全魚体増重量及び成長率の変化は夫々第1及び第2図に示す通りである。

Table 6. Results obtained after 70 days in the 2nd period.

No. of pond	B	B′	C	C′	D	D′	E
Initial number of fish	9	10	13	15	15	11	10
Initial total weight of fish (g)	4.4	4.7	3.8	3.9	3.8	4.7	4.6
Initial average weight of fish (g)	0.49	0.47	0.29	0.26	0.25	0.43	0.46
Number of fish alive	5	7	11	12	12	10	7
Weight of fish alive (g)	14.8	17.5	17.1	16.6	11.2	14.8	14.8
Weight of dead fish (g)	3.7	3.9	0.7	1.8	1.0	0.3	2.4
Total weight of fish (g)	18.5	21.4	17.8	18.4	12.2	15.1	17.2
Total increase in body weight (g)	14.1	16.7	14.0	14.5	8.4	10.4	12.6
Mortality (%)	44.4	30.0	15.4	20.0	20.0	9.1	30.0
Growth rate (%)	420	455	468	470	321	321	373
Feed coefficient *	2.66	2.25	2.68	2.59	4.46	3.61	2.98

* Total feed consumed was 37.5 grams.

斃死率 B区が最高で44.4%，次いでB′及びE区の30%，最低はD′区の9.1%で，一般に高蛋白飼料ほど斃死率が高く，特にE区は70日以後は摂餌不良となり80日目頃より斃死が顕著で90日後に全滅した。生牛肝添加区は無添加区に比して斃死率が低いが第1期試験の様に効果が明らかでない。

成長 70日後の全魚体増重量はB′区が最大で16.7g，C，C′及びB区は殆んど差がなく14.0～14.5gでB′区に次ぎ，最小はD区の8.4gであつた。第1期に最大値を示したE区は予想外に悪く12.6gに過ぎなかつた。又70日後の成長率はC′区が最大で470%，D及びD′区が最小で321%であつた。全増重量と成長率との順位に差が生じたのは最初の全魚体重が異るためで初体重の小さい方が成長率が大きくなるから，この場合の成長の比較には成長率よりも全魚体増重量を採用する方が適当である。

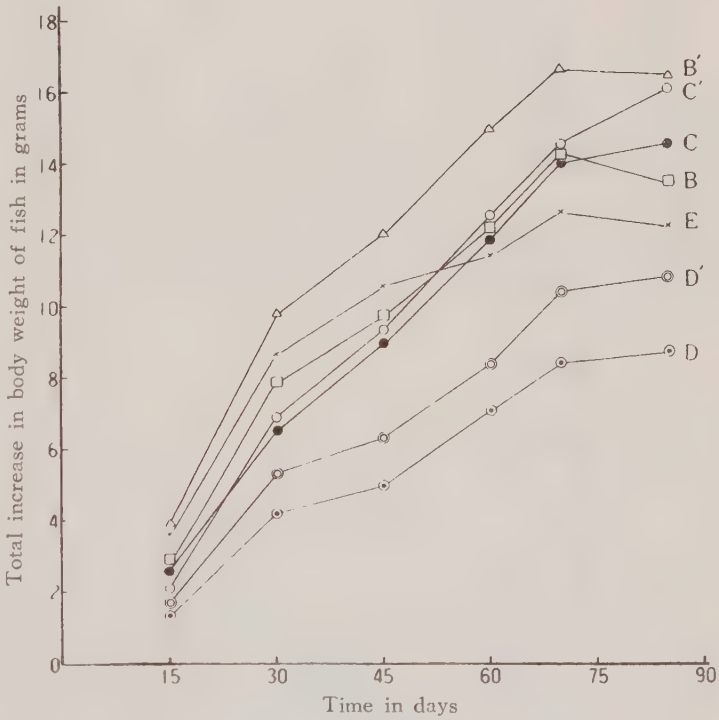


Fig. 1. Changes in total increase in body weight.

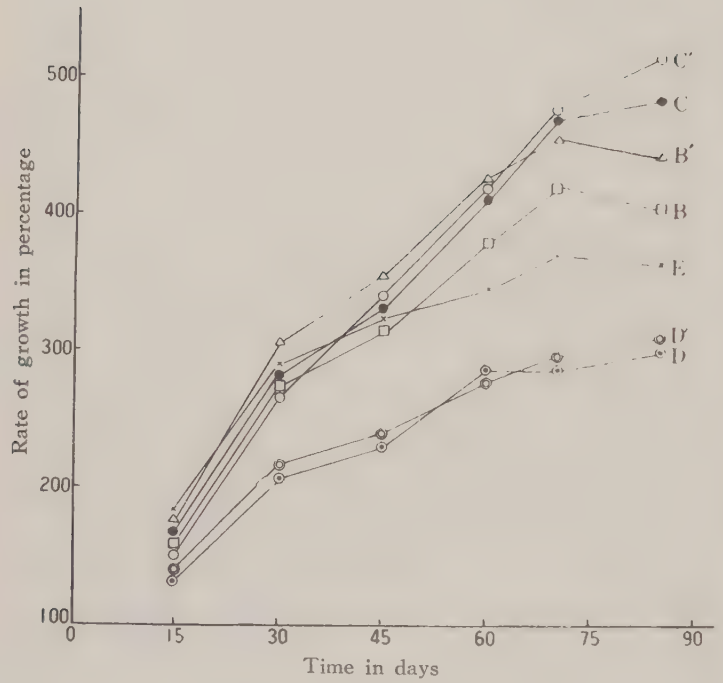


Fig. 2. Changes in rate of growth.

70日間の全魚体重増重量の変化はC，C′及びB区はほゞ等しくB′区は優りD及びD′区は劣る。E区は最初の1ケ月間はB′区と同様な成長長を示すがその後成長は著しく劣下し，又B，B′及びE区の高蛋白飼料区は70日以後では成長を示さず却つて体重が減小する。成長率の変化は初魚体重が異るため全魚体増重量の変化と多少の差異を示すがほゞ同様な傾向である。尚生牛肝添加効果は斃死率と同様に明らかでない。

次に生存魚だけの平均及び全魚体増重量の変化を示すと夫々第3及び第4図の通りとなり，第1及び第2図と比較してB，

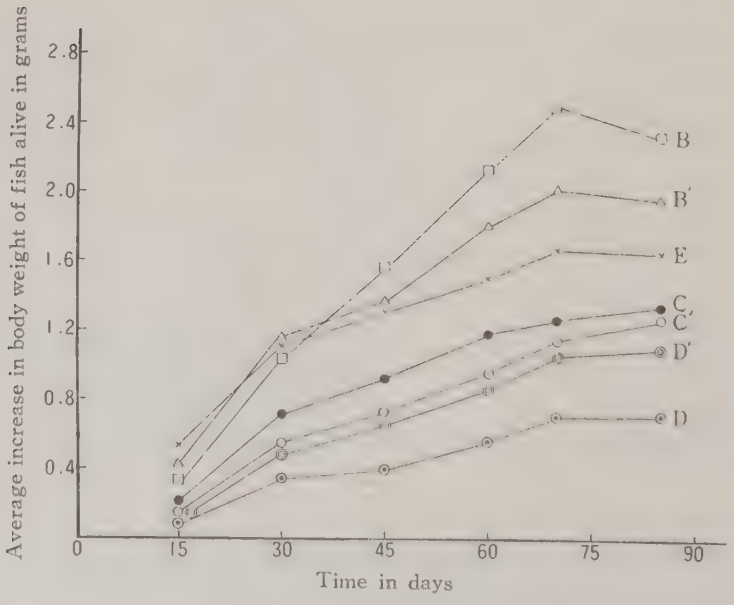


Fig. 3. Changes in average increase in body weight of fish alive.

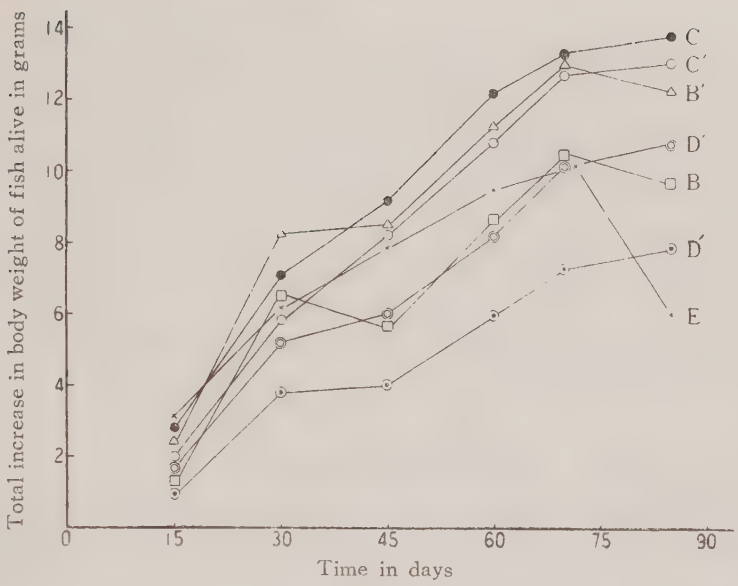


Fig. 4. Changes in total increase in body weight of fish alivie

B′及びE区は平均増重量では成績が良く，全増重量では悪くなる。此の傾向は斃死率の最も高いB区で顕著に認められる。従つて斃死率の高い場合は生存魚だけで成長を比較するのは適切ではない。

餌料係数 70日間ではB′区が最小で2.25，D区が最大で4.66を示すが，最初の30日間及びその後の40日間の餌料係数は第7表に示す通り E，B 及びB′区の高蛋白区は後半の値が大きくなり特にE区では著しい。その他の区では前後半の差は僅少で後半に於いてはC区が最小値を示した。

Table 7. Feed coefficients in the 2nd period.

Time (day) \ No. of pond	B	B′	C	C′	D	D′	E	Total weight of diet (g)
0—30	2.40	1.92	2.76	2.76	4.36	3.53	2.18	18.75
30—70	2.97	2.68	2.60	2.40	4.57	3.68	4.69	18.75

第2期の結果を総括的に見れば餌料蛋白含有率25～50%の範囲には大差を認めないが，前半には50%，後半には25%蛋白餌料が適当と思はれる。E区の1ケ月目以降の成長の低下並びにB，B′及びE区の70日以後の全魚体重の減小及び後半に於ける餌料係数の増大した原因は，後半に此等の区に残餌が屢々認められた点より見て稚鯉の食性が成長に伴い動物食から雑食に変化し高蛋白餌料が不適当になつた為であると推察される。又餌料蛋白含有率が25%～50%の範囲で全魚体増重量に大差が認められないのは，蛋白含有率の異なる場合には稚鯉の摂餌率，蛋白消化及び蓄積率に差がある為と考えられる。

摘　　要

1．蛋白含有率の異なる生牛肝添加及び無添加合成餌料で4ケ月半に亘り稚鯉の飼育試験を

試みた。

2．稚鯉の成育には餌料蛋白含有率は 25%～50% の範囲が適当で，特に孵化後 3 ケ月間は 40%～45%，それ以後は 25%～30% が最適であつた。

3．餌料蛋白含有率が 25%～50% の範囲では成長に大差がなく餌料係数は 2～3 であつた。

4．45% 以上の高蛋白餌料では斃死率が高く，20% 以下の低蛋白餌料では成長が劣つた。

5．生牛肝 10% 添加効果は 45%～50% 蛋白餌料に認められ，特に幼魚期に著しいが，60% 及び 30% 以下の蛋白餌料では明らかでなかつた。

6．生牛肝は孵化後 3 ケ月間の幼鯉餌料として優良な成績を示すが，それ以後の稚鯉餌料としては不適当であつた。

終りに臨み御校閲を賜つた九州大学農学部富山哲夫教授に深甚な謝意を表する。

文　　献

1）富山哲夫：1940．酵素化学工業全集，水産加工篇，餌料，東京．

2）関根秀三郎・柿崎磨辞：1930．人工餌料に関する研究，其一．蛋白及澱粉の餌料価値並餌料蛋白の利用率に就きて，水産試験場報告，**1**，143～154．

3）右田正男・花岡　資：1938．餌料蛋白の量と魚体蛋白の増生量との関係，I　餌料の熱量価一定にして栄養比の異る場合，日本水産学会誌，**7**（2），115～118．

4）花岡　資・古川　厚・小笠原義光：1945．魚類の栄養に関する研究，I　餌料栄養比の異る場合の蛋白消化率，日本水産学会誌，**14**（5），219～222．

5）松井住一・大島信夫：1935．鯉による養魚餌料の研究，II　合成餌料に関する研究，水産試験場報告，**6**，202～220．

6）右田正男・花岡　資・都筑　清：1937．植物性養魚人工餌料試験，第 1 報 2，3 糖質の養魚人工餌料としての栄養価値，水産試験場報告，**8**，99～178．

7）関根秀三郎：1931．人工餌料に関する研究，其二　餌料蛋白の経済的最大利用点に就きて，水産試験場報告，**2**，215～218．

8）右田正男・花岡　資：1938．餌料蛋白の量と体蛋白の増生量との関係，III　餌料蛋白の経済的給与量の決定，日本水産学会誌，**7**（4），220～226．

9）MC CAY, C. M., BING, F. C. and DILLEY, W. E.: 1927. The effect of variations in vitamins, protein, fat, and mineral matter in the diet upon the growth and mortality of eastern brook trout., Trans. Amer. Fish. Soc., **57**, 240～249.

10）MC CAY, C. M., and DILLEY, W. E.: 1927. Factor H in the nutrition of trout, Trans. Amer. Fish. Soc. **57**, 250～260.

11）MC CAY, C. M., TITCOMB, J. W., COBB, E. W., CROWELL, M. F. and TUNISON, A.: 1930. The nutritional requirement of trout, Trans. Amer. Fish. Soc., **60**, 127～145.

12）MC CAY, C. M., TUNISON, A., CROWELL, M., TRESSLER, D. K., MCDONALD, S. P., TITCOMB, J. W. and COBB, E. W.: 1931. The nutritional requirements of trout and chemical composition of entire trout body., Trans. Amer. Fish. Soc., **61**, 58～82.

稚鯉の栄養に関する研究

第2報　餌料蛋白含有率の異なる場合の蛋白消化率並びに摂餌率に就いて※

赤　築　敬　一　郎

Studies on Nutrient of Carp-fry.
2. Digestibility of Protein and Ingested Feed Percent of Body Weight in Foodstuff having Various Level of Protein.

By
Keiichiro SYAZUKI

The present paper embodies a study on the effect of protein content in synthetic foodstuff (Table 1) upon digestibility of protein and ingested feed percent of body weight on the basis of measurement of nitrogen ingested and excreted by carp-fry in aquarium.

The results obtained are shown in detail in Table 2, but may be briefly summarized as follows:

1. Digestibility of protein in foodstuff containg 10—40% of protein is 90—96%, but it generally augments with increase in the protein content.
2. Ingested feed percent against body weight decreases progressively with increase in the protein content.
   At 20°±3°C of water temperature, the mean values for ingestion of foodstuffs holding 10% and 40% of protein content are 8.4% and 4.5% respectively.
3. Absorbed nitrogen per gram of body weight increases progressively with increase in the protein content, but the mean values for foodstuffs containing 30% and 40% of protein are nearly equal to about 2.6mg.

緒　　言

前報に於いて[1]，餌料蛋白含有率25%～50%が稚鯉の成育上に適当であり此の範囲内では4ケ月半の全魚体増重量は餌料蛋白含有率に関係なくほゞ同一である事を報告し，これは餌料蛋白含有率の異なる場合の摂餌率，蛋白消化及び蓄積率に差がある為と推論した

餌料蛋白の消化率に関しては KNAUTHE[2]，富山・石川[3]，高橋・広沢[4]，山村[5] 等の消化酵素による人工消化率，又 KNAUTHE[2]，石田・花岡・都築[9]，古川・小笠原[7]～[8]，赤築・武居・松井[10] 等の水槽試験による消化率の研究があるが，餌料栄養比の異なる場合の蛋白消化率に就いては花岡・古川・小笠原[11] の金魚を用いた水槽試験による業績があるに過ぎ

※ 水産講習所研究業績　第192号

ない。摂餌率に関しては CRONELIUS[12] の虹鱒を用いた研究があるが，餌料蛋白含有率と摂餌率との関係は明らかにされていない。

稚鯉とは食性が若干異ると思われる金魚での結果をそのまゝ適用するのは不適当であり，又蛋白含有率を異にする場合の摂餌率には差があると考えられるので，これらの点を明らかにする目的で本研究を行つた。尚60%蛋白餌料給与魚は予備飼育中に大部分が斃死したので本文では蛋白含有率40%以下で得られた結果を報告する。

材 料 及 び 方 法

供試餌料はカゼイン，澱粉及び塩類を低温で乾燥後適当に配合して第1表の様に4区に分けた。供試魚は生牛肝10%及びバター5%を添加した上記餌料で1ケ月間予備飼育した平均体重0.3～1.5gの稚鯉を5～10尾ずつ使用した。

Table 1. Composition of synthetic feeds used.

Diet No.	I	II	III	IV
Casein	10%	20	30	40
Starch	80	70	60	50
Yeast	5	5	5	5
Salt mixture	5	5	5	5
Moisture	6.6	5.9	5.4	5.5
Protein	11.25	20.50	27.81	37.00

絶食（2日）—実験（2日）—生牛肝及びバター添加供試餌料給与（2日）—絶食（2日）実験（2日）—以下同様。

実験方法は石田・花岡・都築[8] の用いた方法に準じた。即ち約4L容水甕（給餌槽）に供試魚を入れ魚体重の約10%の餌料を給与し1時間[illegible]（排泄槽）に移して24時間排泄させた。給餌及び排泄槽の全内容は少量の硫酸を加えて減圧濃縮して100cc以下とし[illegible]酢酸で純蛋白を沈[illegible][13]。[illegible]濾紙[illegible]した飼水を2Lずつ使用し[illegible]（0.1～0.2mg/L）を同様に定量して補正を施した。給餌及び排泄槽内容の純蛋白窒素量を夫々残餌及び排泄N量とし，給餌Nより残餌Nを差引いた量を摂取N，摂取Nより排泄Nを減じたものを吸収Nとして蛋白消化率及び摂餌率を次式によつて算出した。

$$蛋白消化率 = \frac{吸収N量}{摂取N量} \times 100$$

$$摂餌率 = \frac{摂取N量 \times 100}{餌料の蛋白N含有率 \times 魚体重} \times 100$$

尚実験中の水温は 20±3°C であつた。

結 果 及 び 考 察

実験結果は第2表に示す通りである。

蛋白消化率：蛋白含有率10%区の平均値は89.5%，20%区は95.4%，30%区は95.0%，40%区は96.2%で蛋白含有率の高いほど消化率が大きい傾向が認められる。この傾向は花岡

Table 2. Digestibility of protein and ingested feed percent of body weight in foodstuffs having various level of casein.

Diet No.	No. of experiment	weight of fish (g)	Pure protein nitrogen (mg)					Digestibility (%)	Ingested feed percent of body weight (%)
			Supplied	Remained	Ingested	Excreted	Absorbed		
I	1	5.31	9.45	1.89	7.56	0.52	7.04	93.1	8.40
	2	5.31	9.45	1.47	8.01	0.77	7.24	90.4	8.90
	3	4.32	7.74	1.62	6.12	0.71	5.41	88.5	8.38
	4	4.32	7.74	1.97	5.77	0.72	5.04	87.6	7.90
	5	4.78	8.50	1.25	7.25	0.88	6.37	87.8	8.96
II	1	3.80	12.46	4.17	8.29	0.39	7.90	95.3	6.65
	2	3.80	12.46	4.65	7.81	0.47	7.34	93.9	6.24
	3	5.28	17.38	5.40	11.98	0.41	11.57	96.6	6.88
	4	5.28	17.38	5.50	11.88	0.50	11.38	95.8	6.84
	5	3.53	11.45	3.93	7.52	0.34	7.18	95.5	6.66
III	1	5.61	23.58	6.33	17.24	1.06	16.18	93.9	6.90
	2	5.61	23.58	9.85	13.72	0.59	13.13	95.7	5.49
	3	5.60	23.56	8.85	14.71	0.83	13.88	94.9	5.90
	4	5.60	23.56	7.79	15.77	0.71	15.06	95.5	6.31
	5	3.83	16.95	6.32	10.63	0.51	10.12	95.2	6.25
IV	1	5.58	31.38	14.36	17.02	0.65	16.37	96.2	5.17
	2	5.58	31.38	16.77	14.61	0.38	14.23	97.4	4.44
	3	3.70	22.50	14.42	8.08	0.31	7.77	96.2	3.65
	4	3.70	22.50	12.84	9.66	0.33	9.33	96.7	4.39
	5	3.40	20.72	9.39	11.33	0.38	10.95	96.7	6.17

氏等[11] が金魚で得た結果と同様であるが蛋白含有率の差異による消化率差は金魚の場合ほど著しくなく，特に低蛋白区でも消化率の大きい点が異つている。之は，稚鯉の蛋白消化酵素力が金魚に比して強い為と推察される。

摂餌率：10% 蛋白区は摂餌が旺盛で 30 分～1 時間で給餌皿上に残餌を認めなくなるが蛋白含有率が高くなるにつれ摂餌が悪くなり 1 時間半後の給餌皿上の残餌を乾燥秤量した結果は20% 区で投餌量の約 2 割，30% 区で約 3 割，40% 区で約 4 割であつた。給餌皿上に残餌を認めない場合でも給与餌料の一部が水中に溶出及び散乱し，その量は投餌量の 15～25% の範囲で平均 20% 程度と推定される。従つて摂餌が旺盛な場合でも実際の摂餌量は給与量の 80% 内外である。

10% 蛋白区の摂餌率は給与量を増加すると更に高率になると思われるので給与量を変えて此の点につき検討した（第 3 表）。摂餌率は 10～12% を示すが水中に逸出した量を考慮すると平

Table 3. Ingested feed percent of body weight of fish supplied with various amounts of Diet I.

Body weight of fish (g)	Amount of diet supplied (g)	Amount of diet remained (g)	Amount of diet taken (g)	Ingested feed percent of body weight (%)
4.24	0.85	0.35	0.50	11.80
3.77	0.55	0.14	0.41	10.87
3.50	0.35	0.00	0.35	10.00

均9%内外となる。

供試餌料は6%内外の水分を含むから無水物に換算した稚鯉の平均摂餌率は10%区で8.4%，20%区で6.3%，30%区で5.8%，40%区で4.5%となり蛋白含有率の高い区ほど摂餌率は小さくなる。又此の摂餌率を稚鯉の最大摂餌量とし，水中に逸出する量を20%とすれば投餌適量は10%区で魚体重の10.5%，20%区で8.0%，30%区で7.3%，40%区で5.5%となる。然し摂餌率は魚の嗜好性，環境要因[12]投餌状件等によつて影響を受けるから実際には此れらの点を考慮する必要がある。

尚本実験結果から稚鯉1瓦当りの平均吸収窒素量を算出すると20%区で2.05mg，30%区で2.59mg，40%区で2.66mgを示し，蛋白含有率の高い区ほど吸収窒素量が多くなる。然し30%区と40%区との差が僅少である点は稚鯉を合成餌料で飼育した場合に25%～50%蛋白餌料の全魚体増重量に大差が生じなかつた理由の一つと考えられる[2]。但しこの点に関しては稚鯉の保持蛋白N及び排泄非蛋白N量を測定して蛋白蓄積率を明らかにする必要がある。

摘　　要

1．餌料蛋白含有率（40%以下）の異なる場合の稚鯉の蛋白消化率及び摂餌率を測定した。

2．蛋白消化率は蛋白含有率の高いものほど大きい傾向を示し，10%蛋白餌料で平均89.5%，20%区で95.4%，30%区で95.0%，40%区で96.2%をボすが，20～40%の範囲では大差が認められない。

3．摂餌率は蛋白含有率の高いものほど小さくなり，水温20±3°Cに於いて10%区で平均8.4%，20%区で6.3%，30%区で5.8%，40%区で4.5%である。

4．完全に摂餌した場合でも給餌量の約20%が水中に散乱溶出する。

5．稚鯉1瓦当りの吸収窒素量は蛋白含有率の高い餌料ほど大きくなるが，30%区と40%区との差は僅少で両区の平均吸収窒素量は2.6～2.7mgである。

終りに臨み御校閲を賜つた九大農学部富山哲夫教授並びに実験に協力された林生也君に深甚な謝意を表する。

文　　献

1）赤築敬一郎：1956．稚鯉の栄養に関する研究，第1報　餌料蛋白含有率の差異が稚鯉の成長及び斃死率に及ぼす影響に就いて，本巻．

2）富山哲夫：1940．酵素化学工業全集，水産加工篇，餌料，東京．

3）富山哲夫・石川　策：1938．魚粉の人工消化率の一新改良測定法，日本農芸化学会誌，**14**，989～998．

4）高橋豊雄・広沢　裕：1936．鰻の消化酵素に就いて（第一報）蛋白分解酵素の性状並びに其加熱変性蛋白質に対する消化力，日本水産学会誌，**5**（2），109～112．

5）山村弥六郎：1934．餌料生物の化学的研究，I．無機成分と蛋白消化率，日本水産学会誌，**3**（5），249～254．

6）右田正男・花岡　資・都筑　清：1937．植物性養魚人工餌料試験，第1報　2，3 糖質の養魚人工餌料としての栄養価値，水産試験場報告，**8**，99～178．

7）古川　厚・小笠原義光：1952．魚類の栄養に関する研究，II．Cellulose 添加に依る蛋白消化率，

日本水産学会誌，**17**，255～258.

8） 古川 厚・小笠原義光：1953．魚類の栄養に関する研究，III．乾燥蛹，乾燥脱脂蛹，魚紛中の蛋白消化率，内海区水産研究所報告，**5**（5），25～29.

9） 古川 厚・小笠原義光：1953．魚類の栄養に関する研究，IV．諸種餌料の含有蛋白消化率に就いて，内海区水産研究所報告，**5**（5），31～36.

10） 赤築敬一郎・武居 薫・松井魁：1953．鯨血紛の餌料価値（1）稚鯉の飼育試験並びに消化率について，水産講習所研究報告，**3**，193～196.

11） 花岡 資・古川 厚・小笠原義光：1945．魚類の栄養に関する研究，I．餌料栄養比の異る場合の蛋白消化率，日本水産学会誌，**14**（5），219～222.

12） CORNELIUS, W. O.：1933. Unters. über die Verwertung natürlicher und kunstlicher Nahrung durch Regenbogenforellen verschiedenen Alters und verschiednene Bedingungen., Z. f. Fischerei, **31**, 535.

13） 神立 誠・保井忠彦：1951．食品及び飼料成分の分析法に関する研究，第2報 純蛋白質定量に用いる蛋白沈澱剤に就て，日本農芸化学会誌，**25**，27～33.

有明海産有用二枚貝の初期生活史 (1)※
タイラギ，コケガラス

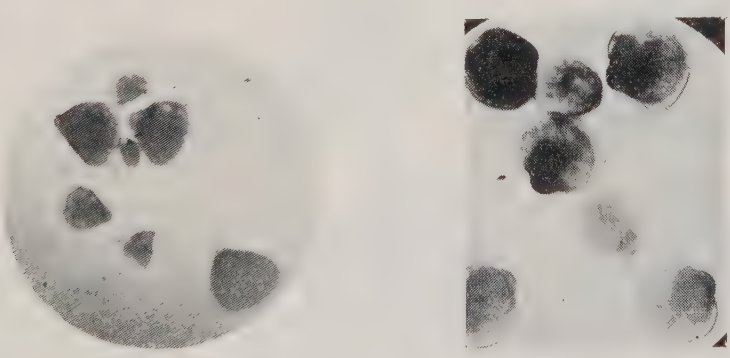
吉　田　裕

Early life-history of useful bivalves in the Ariake Sea (1).

By
Hiroshi YOSHIDA

Atrina pectinata japonica

Full grown veliger of the species is of regular triangle in shape, measuring 0.576mm×0.222mm—0.630mm×0.576mm in size (Fig. 2, j). It is the largest among those of all other species. Two caces were observed concerning habitat of early young of the species : (a) buried in bottom sand and (b) attached on seed collector of *Anadara subcrenata*. The young of this species resembles that of allied species *Pinna atrina japonica* in shape but can be distinguished from it by the following characters : (a) posterior margin of the shells falling at right angles on upper margin and (b) neither a ridge on umbo nor brownish colouration along marginal lines on the shell surface (Fig. 3, a—b).



a　　b

Fig. 1. Veliger larvae.
a . *Atrina pectinata japonica*, 0.288mm×0.306mm～0.540mm×0.522mm.
b . *Volsella metcalfi*, 0.288mm×0.261mm～0.351mm×0.306mm.

Volsella metcalfi

Veliger larva of the species shows the characteristics of Mytilidae in shape of prodissoconch and in larval teeth (Fig. 4, a—b). The full grown veliger attains length of 0.288—0.351 mm, thenceforth the teeth become

※ 水産講習所研究業績　第193号

gradually reduced and finally disappear. About same stage 5—6 bristles appear on postero-ventral surface of the shell and increase in number with growth.

緒　言

筆者は先に浅海有産用二枚貝の稚仔[1]について報告したが，其後有明海に於いて，同じ研究を続け，タイラギ及コケガラスの初期生活史を明らかにすることが出来たので此処に報告する。

タイラギ *Atrina pectinata japonica* (REEVE)

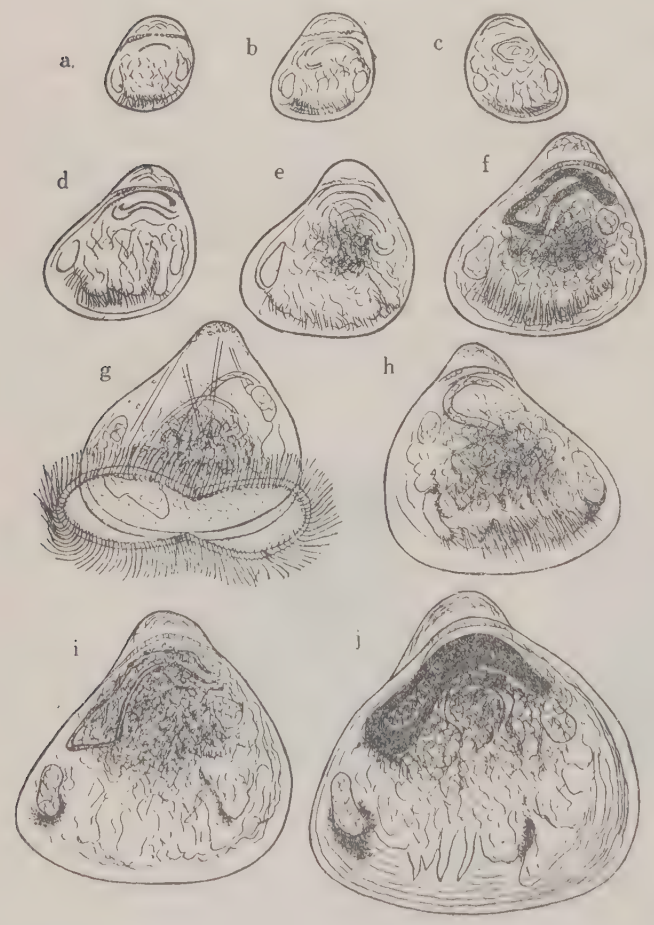


Fig. 2. Veliger larvae of *Atrina pectinata japonica*.
a. 0.135mm×0.144mm (shell length×shell height). b. 0.180mm ×0.198mm. c. Ditto, right side view. d. 0.216mm×0.252mm. e. 0.288mm×0.306mm. f. 0.324mm×0.342mm. g. 0.414mm× 0.396mm (swimming with velum). h. Ditto, right side view. i. 0.468mm×0.450mm. j. 0.558mm×0.522mm (full grown veliger).

先に小野田市刈屋地先本山岬沖のタイラギ漁場で行つた本種の生物学的研究の結果については既に報告した[2]。同漁場では底棲稚貝の採集並に採苗器設置に依る採苗は何れも不成功に終つたが，浮游仔貝の同定並に生態については順調に研究を進めることが出来た。底棲稚貝については其後昭和28年以降有明海の干潟で採集研究を行い，最小殻長6mmの稚貝迄辿ることが出来た。之等一連の標本により浮游仔貝期から成育期に亘る形態並に構造の変化する状態を追究すると共に生態の変化も確かめた。本種の稚仔の研究に関しては山口県内海水産試験場井上泰氏，小野田刈屋の漁業者長谷川安江氏，福岡県有明水産試験場前場長鍵谷博美氏，他場員各位，佐賀県水産試験場有明海分場長脇田二郎氏等からは多大の御援助を戴いた。此処に記して深謝する。

浮游仔貝

i) 種の同定

浮游仔貝の種の同定の方法は

1) 吉田　裕：1953. 浅海産有用二枚貝の稚仔の研究，水産講習所研究報告，3 (1).
2) 吉田　裕・井上　泰：1954. タイラギの生物学的研究（概報），山口県内海水産試験場調査研究業績，6 (1).

従来と同じく本種の底棲初期の稚貝の殻頂部に残る原殻を辿つて行つたのであるが，その経緯に関しては既に述べた[2]。初期の稚貝の殻頂部には原殻が極めて明瞭に区劃されて残つていて，それは右殻の方が左殻よりも大きく，0.576mm×0.522mm～0.630mm×0.576mm（殻長×殻高，以下同じ）である。殻形は全体が略正三角形に近く，殻頂と前腹端は稍尖つているが，後縁は円鈍である。小野田沖のタイラギ漁場で之に一致する浮游仔貝を得たが，殻形は正三角形に近く，蝶番線には細い歯状の欠刻が並んでいる。大きさは 0.558mm×0.540mm～0.630mm×0.593mm で，今迄に報告されている他の種類の浮游仔貝に較べて最も大きい。殻は殆んど無色透明で，軟体部は暗黒色を呈し，前肉柱の下方と足の附近に濃黒色の着色部がある。面盤の後方には足があり，内臓部の上部には消化管の屈折迂回しているのが見られる。色素点は見られないが，本種の仔貝は内部が暗色を呈するため観察が困難で，色素点の有無も之を確かめるのが容易でない（第2図，j）。タイラギの浮游仔貝としては最小殻長 0.135mm 迄迚ることが出来た（第2図，a）。筆者は小野田沖の漁場の他，瀬戸内海では山口県下関生，岡山県王子島，日本海岸吉見で屢々本種と同定することが出来る浮游仔貝を得たが，有明海では底棲稚貝だけで，浮游仔貝は未だ得られない。

ii) 生　態

タイラギの漁場附近で本種の産卵期を中心にして浮游仔貝の採集を行つたが，他の種類の様に多量に採集されることはなかつた。垂直曳でも，水平曳でも，またポンプ採集の場合でも何れも極めて僅少であつた。室内で硝子シヤーレ中で飼育することも困難で，他の種類と同一の方法に依つても大体1週間位の間に斃死してしまつて，此の間成長は見られなかつた。シヤーレ中に収容するときは水表面上に浮かび出ている場合が多く恰も油分が水と混和しない様な観を呈している。然しガスや粘液等を分泌する事実は認められない。

iii) 底棲生活えの移行

前述の様に本種の浮游仔貝は室内での飼育が困難なため浮游仔貝を飼育して，これが面盤を失つて底棲生活に移行する経過を直接確かめることは出来なかつた。先に述べた底棲稚貝の殻頂部に残る原殻の大きさを以つて，浮游仔貝が底棲生活に移行する時の大きさと看做した。

成　育　期

i) 底棲初期の稚貝

筆者は昭和28年8月26日有明海のニシノツ（干潟の名称）の干潮線附近の泥砂中で殻長6～18mm の本種の底棲初期の稚貝を40個内外採集した。此の中の最小の標本，殻長6mm の稚貝（第3図，c）について観察するのに，貝殻の表縁には6～7条の放射脈が現れていて，此の中の腹縁に近い2～3条に沿つて鱗状片（棘）が見られる。貝殻の後縁は背縁に対して殆んど直角を呈している。原殻部は極めて明瞭に区劃されて残つている。殻には特別の着色斑紋はない。貝殻を通して内部の構造は明瞭に観察出来る。前部には前閉殻筋，前収足筋，足，足糸等が見られ，更に唇弁から食道，胃，肝臓，腸と続き，肛門で外に開いている。鰓は後方に延びて外套縁迄達し，内臓部の後部には囲心腔（心臓），腎臓等が見られ，更にそれらの後には後収足筋，後閉殻筋がある。後閉殻筋は既に前閉殻筋に較べて著しく大形に発達している。更にタイラギが持つ特殊の器官，外套腔内を清掃する機能を持つと云われている外套腺は棍状に長く突出し，之は絶えず動いている。殻長が16mm 位になると部内の構造は一層明らかになる（第3図，d）。

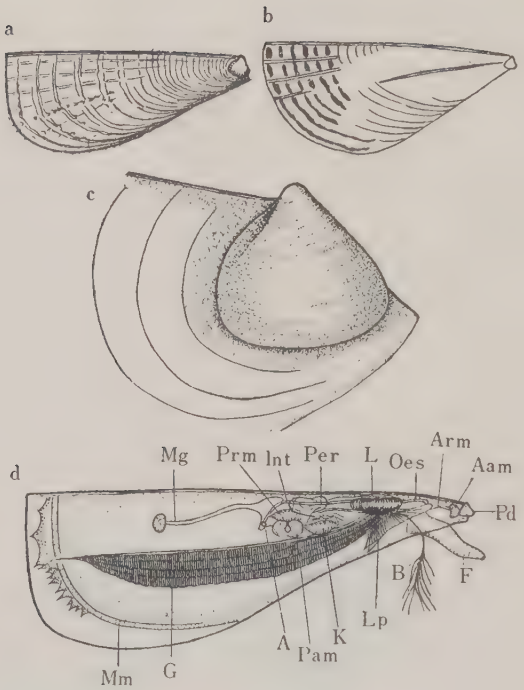


Fig. 3. Young shells of *Atrina pectinata japonica*.
a. Early young shell, 6.0mm×2.5mm.
b. Young *Pinna atrina japonica*, 13.0mm×5.2mm.
c. Prodissoconch, 0.612mm×0.568mm, on early young shell (a).
d. Internal view of young *Atrina P. japonica* observed through transparent shell, 16.0mm×6.2mm:
A, Anus; Aam, Anterior adductor muscle; Arm, Anterior retractor muscle; B, Byssus; F, Foot; G, Gill; Int, Intestine; K, Kidney; L, Liver; Lp, Labial palp; Mg, Mantle gland; Mm, Mantle margine; Oes, Oesophagus; Pam, Posterior adductor muscle; Prm, Posterior retractor muscle:

ii) 初期稚貝の生態

タイラギの浮游仔貝が面盤を失つて底棲生活に移る際，直ちに底の砂泥中に落ち着くかそれとも先づ最初に底質中には全く埋れない他物に着棲生活を営み，次に二次的に底の泥砂中に移るかどうかは人工採苗を行う場合などには重大な関係がある点なので特に注意して観察を行つた。タイラギは水管を持たない種類であること，筆者は先に英虞湾で表層に垂下したアコヤガイの養殖籠内に類似種のハボウキの稚貝が数個附着しているのも採集したことがあるので，タイラギの稚貝も之と同様な生態を示すものと考えた。それで小野田の本山岬沖の漁場では海底から海草，石炭殻，其他本種の稚貝が附着していると想像される種々の沈積物を拾い上げて調べ，又藁縄で作つた採苗器（長さ10間，径4分の堅縄に1尺毎に棕梠皮を挟み，2間毎に石を附して沈子とした）を設置して採集に勤めたが，此所では之等の方法では稚貝は全く採集出来なかつた。有明海の干潟で採集した殻長6～18mmの稚貝は何れも大潮の干潮線附近で，貝殻を直接泥砂中に垂直に半分程埋めていた。前殻縁から足糸が延びていて，之には砂粒がついていた。又かねて依頼してあつた脇田二郎氏から贈られた殻長 12.7～34.7mm のもの数個は何れも大潮の干潮線附近に底面上5寸の位置に水平に張つたモガイの採苗器に附着したものであ

る。以上の様にタイラギの初期の稚貝は直接底質中に棲息するものと，底質からは離れて附着生活を営むものの両方が観察されている。

類似種稚仔との識別

類似種ハボウキ *Pinna atrina joponica* (REEVE) の稚仔（第3図，b）との識別点を挙げれば次の通りである。尚ハボウキの観察は昭和25年8月30日英虞湾のアコヤガイ養殖籠の中から採集した殻長13～27mmの標本に依つた。

1） タイラギ稚貝は貝殻の後縁が背縁に対し殆んど直角を呈するが，ハボウキでは明らかに鋭角を呈する。

2） タイラギの稚貝は殻表面に特別の色帯がないが，ハボウキでは所々に輪脈の方向に平行して淡褐色の色帯がある。

3） タイラギの稚貝では放射脈に沿つて棘が現れるが，ハボウキには此の棘がない。

4） ハボウキでは成貝に見られる顕著な特徴の1であるところの殻頂から始つて殻表面を2等分する様な形で走つている隆起線が殻長十数粍の稚貝でも明らかであるが，タイラギでは此の様な隆起線がない。

5） 原殻部はタイラギの方が遙かに大きく，右殻の殻長が0.60mm内外であるか，ハボウキでは0.40mm内外である。

尚ハボウキの浮游仔貝はまだ採集されないので浮游仔貝の比較は出来ない。

コケガラス *Volsella metcalfi* (HANLEY)

コケガラスは本邦中部以南の太平洋岸に分布する二枚貝で特に有明海に多く，同地ではカラスガイと呼び，水産上有用な種類の1となつている。砂泥底の干潮線附近に群棲し，ホトトギスと同様多数の細い足糸を分泌し，相互に纏絡重畳している。筆者は昭和29年7～8月に亘り，有明海で，プランクトンネツトに依つて採集した本種の浮游仔貝を同定検出し，更に浮游仔貝期から成育各期に亘つて形態並に生態の変化する状態を追究することが出来た。本研究に当り，福岡県有明水産試験場前場長鍵谷博美氏並に場員各位からは多大の御援助を戴いたことを厚く感謝する。

浮游仔貝

i) 種の同定

藤森三郎氏 (1929)[3] に依れば本種の産卵期は6月から9月中旬に及び，稀に10月頃迄続くと報告されている。筆者は本種の生殖時期に関しては直接調査しなかつたが，昭和29年7月下旬，8月中旬並に下旬の3回に亘り，有明海で本種の浮游仔貝を多量に採集した。同時に採集された他の種類カキやサルボウに較べて圧倒的に多いので，此の時期は藤森氏が報告した有明海に於ける本種の生殖時期の盛期に当るのではないかと考える。同年8月13～14日有明海のヒヤツカン（干潟の名称）附近で，プランクトンネツトに依つて採集した本種の浮游仔貝は比較的大形で，成熟浮游仔貝と認められるものは，0.288mm×0.261mm～0.351mm×0.306mmであつた。即ち浮游仔貝としては0.351mm×0.306mmが最大であつた。之等の浮游仔貝は殻の形態並に軟体部の構造等がイガイ科の浮游仔貝の一般的の特徴を具えている。殻の形態はイ

3) 藤森三郎：1929. 有明海干潟利用研究報告，福岡県水産試験場.

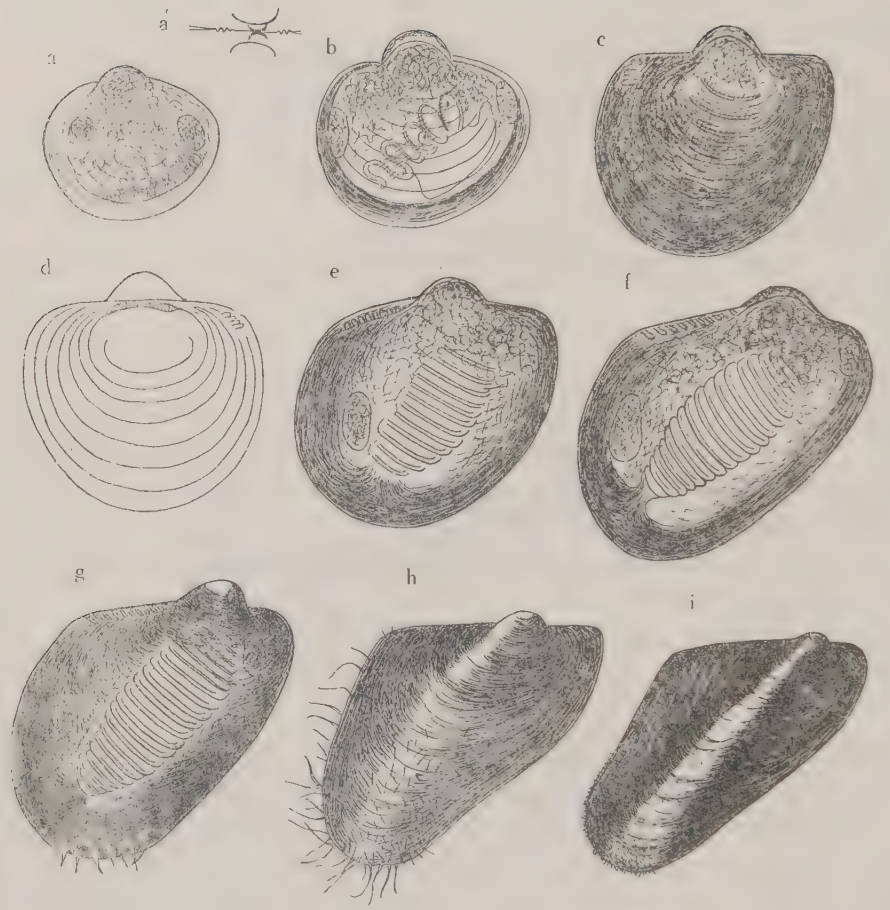


Fig. 4. Larvae and young of *Volsella metcalfi*,
a. Full grown veliger, 0.274mm×0.234mm. b. Early young, 0.342mm×0.306mm. c. 0.45mm×0.45mm. d. Ditto, dead shell. e. 0.72mm×0.72mm. f. 1.1mm×1.1mm. g. 1.35mm×1.53mm. h. 8.0mm×10.0mm. i. Adult form, 60mm in shell length. b—d, specimens were reared from veliger larva in laboatory. e—i. specimens were obtained from natural sea bed.

ガイやホトトギスとよく似て，前端は後端に較べて稍尖り，殻頂は明らかに膨出している。殻頂を挟んでその前後には極めて微小な歯が各2～3個宛あるが（4図 a'），微小なため殻の側面向の位置では殆んど見えない。殻の色は淡黄色で，殻頂の附近は稍紫色を呈している。前後の肉柱は殆ど同大である。面盤の後方に接して足があり，足の基部附近には色素点や平衡器等が見られる。鰓環は5個具り，軟体部の中央附近から斜に後方に連り，末端は外套縁で癒合している。消化管は加曲に富み，加曲部附近は濃褐色を呈している。イガイやホトトギスとよく似ているが，特徴が明瞭に現われている稚貝の標本から遡に小さい時代に向つて形態上の特徴，特に歯及び剛毛の出現退化の状態等を追究した結果，イガイやホトトギスとは混同することなく，コケガラスとしての特徴を辿ることが出来たので，之をコケガラスの仔貝と同定した（第4図，a）。

ii) 底棲生活えの移行

上記の成浮游仔貝を海水を張つた硝子シャーレ中で，室温29.8～31.0°Cのもとで飼育したのに，2～3日后（8月16日），2個は面盤が退化消失し，全くの底棲生活に移つた（第4図，b）。これは時には足を延ばして器底を匍匐するが，踵の部分から粘糸状の足糸を分泌して器底に附着している場合が多い。此の時の大きさは夫々0.306mm×0.270mm，0.324mm×0.288mmであつた。海中から採集した浮游仔貝中には之より大形のものが相当見られるので，コケガラスが浮游仔貝期を終つて底棲生活に移る際の大きさには相当の変異があるものと考える。

成　育　期

之等の稚貝を引続き飼育して観察を続けたが，上記の2個中，後者は成育が順調で，8月30日には0.450mm×0.450mmになつた。此の時期には貝殻は腹方に伸長し，後背縁には3～4個の後側歯が現われ始めた（第4図，c）。此の稚貝は此の大きさで斃死してしまつたので，その死殻を観察するのに，殻表面には十数条の輪脈があり，生時側面向の観察では明らかでなかつた蝶番線の細歯は前後に各5～6あり，後側歯は4個具つている（第4図，d）。其後の成育期に於ける貝殻の形態の変化については天然に干潟から採集した標本に依つた（第4図，e～i）。観察の要点は次の通りである。

殻長 mm	殻高 mm	後側歯	殻表の剛毛	殻表の色彩	備考
0.52	0.49	5～6	なし	なし	
0.54	0.50	5～6	なし	なし	
0.58	0.54	6～7	なし	なし	
0.67	0.67	7～8	なし	なし	
1.22	1.35	8～9	なし	なし	
1.35	1.53	10	あり	なし	殻の後腹縁に7～8本の剛毛が現れた（第3図，g）。
1.57	1.70	10	あり	あり	殻の後半部は僅かに紅紫色を呈する。後側歯稍不明瞭。
1.62	1.71	10	あり	あり	全　上
1.62	1.84	7～8	あり	あり	全　上
1.62	1.85	6～7	あり	あり	全　上
1.80	1.89	9～10	あり	あり	色彩全上。後側歯は不明瞭で痕跡的。
1.89	2.07	6～7	あり	あり	全　上
1.89	2.29	なし	あり	なし	紅紫色を呈さない。
2.10	2.29	なし	あり	なし	全　上
2.11	2.20	なし	あり	あり	殻の後半僅かに紅紫色。
2.40	2.60	なし	あり	あり	全　上
2.80	3.10	なし	あり	あり	全　上
3.20	3.50	なし	あり	あり	殻の紅紫色縦の帯状となる。
3.70	4.10	なし	あり	あり	全　上
4.30	5.00	なし	あり	あり	全　上

4.90	5.50	なし	あり	あり	縦走する紅紫色の帯巾広くなる。
5.60	6.10	なし	あり	あり	仝　上
7.00	8.00	なし	あり	あり	仝　上
8.00	10.00	なし	あり	あり	仝　上（第3図，h）。

即ち成育期に於ける形態上の主な変化は先づ殻形が後腹縁の方向に伸長することである。後側歯は殻長1.5mm位迄はその数も増加し発達の過程を辿るが，以後は次第に退化し始め，殻長2.0mmに近づく頃からは殆んど見えなくなる。後側歯の発達退化の状態はイガイやホトトギス等夫々異つた特徴を示す。殻表面に剛毛が始めて出現するのは殻長1.35mmの頃で（第4図，g），成長に伴い常に後背縁に増加して行き（第4図，h），成貝でも殻表面の後背部は特に厚く短毛で被われている（第4図，i）。後側歯が発達し，剛毛が出来始める頃になると殻の表面には次第に紅紫色が現われる。

類似種稚仔との識別

本種の類似種イガイ及びホトトギスの稚仔との識別点を挙げれば次の通りである。

1）　コケガラスの成熟浮游仔貝は大きさが，最大0.351mm×0.306mmで，イガイやホトトギスよりも大きい。

2）　幼歯は2～3個で，極めて不明瞭なため，側面向では殆んど見えない。

3）　底棲初期の稚貝はホトトギスが最も著しく前後の方向に延長するが，それに較べるとイガイやコケガラスは殻高が高い。

4）　稚貝期に於ける歯の出現退化の状態は，コケガラスでは後側歯だけが現われ，之れが殻長1.5mm位迄は発達の道程を辿るが以後退化して次第に見えなくなる。イガイでは前後に側歯が現われ，後側歯は退化するが前側歯はそのまゝ残る。ホトトギスでは先づ靱帯の前後に細い櫛状歯が現われ，その後方に引続いて後側歯が出来，その数は40以上になり，之は成体に於いても退化しない。

5）　コケガラスでは殻長1.35mm位になると貝殻の表面に剛毛が現われ，以後成長に伴い貝殻の後背部に増加して行く。イガイでは殻表面に剛毛が現われるのは殻長0.6～10mm位の稚貝期の途中だけに限られ，ホトトギスでは一生涯を通じて殻表面に剛毛を見ない。

中部インド洋に於けるキハダマグロの魚体組成並びに外部形態的特徴に就いて※

平野　修・田川昭治

On the Body Composition and Morphological Character of Yellowfin Tuna in the Mid-Indian Ocean.

By
Osamu HIRANO and Shozi TAGAWA

A training ship of the Shimonoseki college of Fisheries, the *Shunkotsumaru*, carried out tuna line fishery in winter extending from 1954 to 1955 in the Mid-Indian Ocean.

The authors discuss in this paper morphometric particulars for yellowfin tuna, on the basis of the data obtained by this voyage.

Some characteristic findings are as follows.

(1) There are two modes in body length composition, 125—130cm and 140—145cm.

(2) In general, female is bigger than male.

(3) Sex ratio of male-female is 57.7% to 42.3%.

(4) The body height of female is larger than that of male when measured in individuals of the same body weight.

(5) The rate of growth and regression coefficient are larger than those of specimens from any other fish grounds so far as body height and the insertion from snout to the second dorsal fin are concerned.

(6) In the yellowfin tuna of the Mid-Indian Ocean, the first half of the body is long, and the second half is short.

緒　　言

水産講習所練習船俊鶻丸は水産庁のインド洋マグロ漁場開発試験の一端として1954年12月15日より12月22日迄と，1955年1月6日から1月14日迄の2期間計17日間に亘り東経66～75度，南緯0～4度の海域に於いてマグロ延縄漁業を実施した。この際，著者等は延縄で漁獲されたもの丶内で最も多く漁獲されたキハダマグロの魚体測定を行つたので茲にその結果を報告する。尚，外部形態的特徴は GODSIL (1948), SCHAEFER (1948, 1950, 1952), ROYCE (1952), 鶴田 (1954, 1955) 等の中央アメリカ太平洋岸，コスタリカ，アンゴラ，太平洋各海域，スンダ列島等の資料と比較検討した。尚，測定に当つて便宜を与へられた船長駒野鎌吉氏をはじめ乗組員各位，並びに有益なる御助言と御校閲を賜つた本所松井魁博士，鶴田三郎教授に深甚なる謝意を表する。

※ 水産講習所研究業績　第194号

材料及び方法

延縄に依り漁獲されたキハダマグロ784尾について体長 (Fork length)* 体重，体高，体巾を，更に其の中から無作為に150尾を選んで頭長，吻端から第1背鰭，第2背鰭，胸鰭，腹鰭，臀鰭の各鰭前端基部迄の距離，鰭臀の長さ，胸鰭の長さ，眼径等を測定した。そして之等各部分長を体長に対する百分率で比較したが，眼径は頭長に対する値で求めた。それ等の測定結果は第1，2表に示した。雌雄差の認め得る限界は次式により規定した。

$$4\sqrt{(p\varepsilon\,♀)^2+(p\varepsilon\,♂)^2}\geq|M♀-M♂|,$$

但し pε は標準誤差，Mは平均値である。

Table 1. Morphometric measurements (cm) of yellowfin tuna from Mid Indian ocean, 1954, 1955.

Sex	Total length	Body weight in pounds	Body hight	Greatest body depth	Head length	Snout to insertion of 1st dorsal fin	Snout to insertion of 2nd dorsal fin	Snout to insertion of anal fin	Snout to insertion of ventral fin	Snout to insertion of pectoral fin	Length of anal fin	Length of Pectoral fin	Diameter ot eye
♂	153	148.8	38	29	40	49.3	82	88	45	44	59.2	46	5.5
♂	146	143.8	38.5	27	38	44.5	77	80	42	39	65.5	37.5	5.0
♀	143	124.0	33	27	33.5	44	77	82	42.5	41	51.5	34.0	4.7
♂	150	132.2	38	28	40	48	80	83	40	40	55	39	4.5
♂	159	181.9	41	30	41	49	85	91	44	43	65	37	4.9
♂	149	144.8	38	29	38	46	78	86	42	40	65	36	4.9
♀	122	80.2	31	24	31	38	64	69	37	33	26	33	3.1
♀	124	76.9	29	22	33	42	66	70	38	34	24	31	4.2
♀	120	66.9	28	23	32	37	64	68	35	33	26	28	4.0
♀	120	72.0	32	23	32	38	66	71	36	34	28	30	4.4
♀	119	69.4	29	22	31	36	61	68	33	31	27	31	4.0
♂	119	66.1	28	22	31	38	64	67	33	31	28	34	4.2
♂	161	165.3	42	29	42	50	84	86	46	45	69	34	5.4
♂	142	124.0	38	28	38	46	77	83	40	38	46	31	5.0
♂	122	78.5	31	24	32	36	63	69	37	33	28	31	3.7
♂	121	72.0	29	22.5	31.5	37.5	65	69	36	34	25	32	4.6
♂	151	132.2	37	29	39	46.5	79	85	43	42	38	34	—
♀	138	107.5	35	26	36	44	76	78	41	39	53	33	4.2
♂	153	134.8	36	28.5	41	45	80	87	45	41	48	33	4.2
♂	134	107.5	34	26	35	40	70	75	40	37	39	29	4.5
♀	117	61.2	28	21	31	35	61	65	32	31.5	28	30.5	3.9
♀	125	74.4	29	22	32.5	38	64	69	35	34	32	32.5	4.2
♂	119	65.3	29.5	22	32	37	62	68	34	32	28	30	3.9
♀	136	100.0	34	26	34	37	68	75	38	36	40	34	4.8
♀	125	68.6	38	22	35	41	67	72	37	38	39	32	4.2
♂	114	55.4	28	20	31	37.5	59	66	33	33	20	29	4.2
♂	139	110.0	35	26	37	45	76	77	39	40	40	32	4.8
♂	123	72.0	30	22	33	38	66	71	35	33.5	28	31	4.0
♀	141	107.5	35	27	37	43	74	79	40	38	33	31	4.1

* 以下これを体長と呼称する。

♂	128	82.3	31	23.5	33	37	66	71	35	33	24	33	4.6
♀	138	107.5	34	27	35	38	71	78	39	36	33.5	30	4.1
♀	136	99.2	32	25	36	42	72	76	38	38	41	33	4.5
♂	138	99.2	33	26	36	46	75	79	39	39	36	33	3.8
♀	141	114.1	34	28	36	42	74	82	40	39	32	33	4.1
♀	138	106.0	33	26	38	45	74	78	40	39	42	36	4.4
♂	151	136.4	40	28	39	45	78	85	43	41	60	36	4.8
♂	148	124.0	37	28	40	47	80	82	42	41	36	35	4.8
♂	145	116.0	36	27	38	46	78	80	42	39	40	35	4.2
♂	144	124.0	36	26	38	46	78	84	41	40	34	33	4.4
♀	144	124.0	36	26.5	37	43	74	80	41	39	51	35	5.0
♀	149	132.3	34	27	38	45	78	83	41	40	51	32	5.0
♂	134	90.9	33	23	35	42	71	75	38	37	32	32	4.2
♀	133	103.3	32	25	35	43	72	76	39	37	49	35	4.5
♂	137	115.7	34	26.5	37	43	75	81	41	39	49	35	4.7
♂	129	82.6	30.5	23	34	42	69	73	38	31	27	32	4.2
♀	141	115.7	36	28	33	44	74	80	41	32	33		4.4
♀	139	119.9	35	27.5	36	41	73	79	40.5	38	38.5	34	4.6
♀	135	103.3	34	26	37	41	70	78	41	39	41	32	4.4
♂	133	103.3	33	26	35	42	73	75	38	38	26	34	4.2
♂	138	103.3	33	26	35	41	71	78	40	37	34	32	4.3
♂	130	82.6	30	22.6	34	40	69	73	36	35	31	33	4.1
♂	144	121.5	37	32	39	44	78	82	41	40	32	34	3.8
♀	126	78.5	28	22	31	35	63	72	35	32	31	33	4.3
♂	141	109.9	37	27	37	44	77	79	40	38	39	37	4.4
♀	126	76.9	30	22	33	39	68	72	38	35	25	32	4.0
♀	127	76.9	31	24	34	43	68	72	38	36	27	32	4.8
♀	136	86.8	33	24	35	41	71	74	39	36	45	32	4.5
♂	130	78.5	31	23	33	36	66	73	36	33	30	33	3.8
♂	132	78.5	32	22	35	42	68	74	38	36	28	33	4.1
♂	138	115.7	35	26	36	40	71	77	39	37	34	33	4.6
♂	127	78.5	31	22	34	38	67	72	38	34	37	36	4.2
♂	134	107.5	34	26	35	41	72	75	38	37	34	36	4.5
♂	124	78.5	31	23	33	39	65	70	36	35	31	34	4.2
♂	145	115.7	36	27	38	44	78	84	38	40	42	34	4.5
♂	146	135.6	36	28	38	48	79	83	42	42	37	33	3.5
♀	138	107.5	33	25	36	42	73	80	40	39	40	33	4.0
♀	142	112.4	35	28	36	42	72	79	38	38	38	35	4.0
♀	135	97.6	33	24	37	43	72	78	40	38	37	33	4.0
♀	125	72.8	31	22	33	39	66	70	36	34	34	34	4.0
♂	139	115.7	35	26	39	39	78	80	42	40	37	35	4.0
♂	126	74.4	31	22	32	38	66	79	38	36	38	31	
♂	124	74.4	31	23	35	39	67	72	37	36	24	32	3.8
♂	135	99.2	35	26	35	39	68	75	38	36	27	33	3.5
♀	127	74.4	31	23	34	39	67	72	36	33	31	33	4.0
♀	136	90.9	34	26	35	42	72	76	40	37	35	33	4.5
♀	125	74.4	30	23	33	39	66	71	35	34	34	35	3.8
♂	147	132.3	37	28	40	46	78	81	42	39	64	35	4.5

♂	131	78.5	31	24	35	44	73	74	38	36	30	33	4.2
♀	145	115.7	36	28	37	42	75	80	41	39	61	33	5.0
♂	123	74.4	30	25	33	41	66	71	38	37	25	33	4.0
♂	129	74.4	31	24	36	41	69	75	39	37	31	32	4.0
♂	140	103.3	36	27	37	41	74	79	40	37	39	37	4.0
♂	129	89.3	31	24	33	37	65	72	36	33	26	31	4.0
♂	126	62.8	34	23	33	36	64	71	38	34	34	34	—
♂	128	95.9	32	24	33	36	66	73	38	34	31	36	4.0
♀	140	114.1	34	26	35	37	71	78	41	36	38	33	4.8
♀	125	82.6	30	23	33	35	63	69	35	33	33	34	3.9
♂	131	90.9	33	25	35	37	66	73	38	36	30	37	3.8
♀	141	107.5	34	26	37	41	72	79	39	37	52	32	4.7
♀	130	82.6	31	24	33	38	67	74	39	34	30	32	4.2
♂	150	140.5	40	30	40	42	75	84	44	40	53	36	4.4
♂	138	107.5	36	27	35	39	71	79	41	36	40	36	4.4
♀	135	90.9	31	26	34	37	70	76	39	35	42	35	4.5
♀	128	82.6	29	23.5	32	38	64	71	37	33	27	33	4.2
♂	138	107.5	34	26	34	40	73	79	40	36	34	34	4.7
♂	142	115.7	37	28	36	41	72	82	41	37	42	36	4.8
♂	139	99.2	33	25	35	39	72	78	40	35	42	35	4.8
♂	130	90.9	32	23	34	36	66	72	38	34	39	35	4.0
♀	128	80.0	30	23	33	32	66	72	37	34	29	33	4.0
♀	126	78.5	31	23	32	36	65	71	38	33	28	32	4.0
♂	127	82.6	31	23	33	35	65	72	36	34	35	32	4.0
♀	122	71.1	27	22	31	33	62	70	35	32	29	32	3.8
♀	144	107.5	36	27	36	40	73	81	42	38	58	35	4.1
♂	142	115.7	36	27	36	37	71	79	42	38	43	34	4.2
♀	123	82.6	30	23	32	36	65	73	39	34	30	31	4.0
♂	128	78.5	32	24	32	36	66	71	37	33	31	34	4.2
♀	129	90.9	31	24	32	35	65	74	38	34	38	34	3.7
♂	150	143.0	38	28	38	39	74	83	42	39	58	37	4.9
♂	152	132.3	38	28	40	41	75	85	45	38	52	34	4.8
♀	136	103.3	33	25	35	37	68	77	40	36	48	35	4.8
♂	135	97.6	34	25	34	38	69	74	37	36	34	34	4.2
♂	138	111.6	35	27	35	38	71	78	40	37	41	36	4.9
♂	134	107.5	34	25	38	37	70	77	38	35	39	37	4.1
♂	129	78.5	30	23	33	36	64	71	37	34	27	35	3.8
♀	122	70.3	29	21	31	34	62	69	34	32	28	32	4.2
♂	127	78.5	32	24	33	35	66	72	39	35	24	35	3.8
♀	130	78.5	31	23	32	36	68	73	36	33	43	35	4.2
♀	136	90.9	33	25	35	37	68	76	39	35	40	33	4.0
♂	129	90.9	32	24	33	36	65	72	35	34	31	33	3.8
♂	141	111.6	36	26	35	38	71	78	38	36	36	35	4.5
♂	128	78.5	30	23	34	36	65	73	38	34	27	30	3.8
♀	135	95.1	32	25	35	37	68	77	40	36	62	39	4.2
♂	123	80.2	30	23	32	34	62	68	36	33	31	33	3.9
♂	130	78.5	31	24	33	36	66	72	37	33	31	35	4.2
♀	122	66.1	33	21	32	33	61	69	34	28	27	—	3.8

♂	125	74.4	33	23	32	34	63	71	38	33	35	32	4.1
♂	146	132.3	37	28	37	38	73	82	40	38	51	34	4.8
♂	145	107.5	35	26	36	39	72	80	42	37	43	34	4.3
♂	141	124.0	35	26	35	39	71	78	39	36	50	33	4.5
♂	153	148.8	40	29	40	42	77	88	46	41	60	37	5.0
♂	145	132.3	37	27	37	39	74	80	41	38	46	35	4.1
♂	150	140.5	38	28	38	40	75	83	42	39	59	34	4.6
♂	148	140.5	39	28	38	41	74	81	43	39	66	33	4.7
♂	142	124.0	36	27	36	38	72	81	41	36	39	35	4.6
♀	133	99.2	33	24	34	39	68	75	40	35	38	31	4.6
♀	131	99.9	33	26	34	37.5	68	75	37	35	45	35	4.7
♀	149	107.5	35	26	36	38	70	78	42	38	48	32	3.9
♂	143	125.7	36	27	36	40	70	78	42	37	51	32	4.5
♀	132	90.9	31	24	34	36	67	75	38	34	38	32	3.8
♂	138	107.5	35	26	35	38	70	79	41	36	40	30	4.2
♀	135	103.3	34	23	34	36	68	76	40	36	41	38	3.2
♀	137	111.6	36	25	35	38	70	77	39	37	33	35	4.7
♂	127	86.8	31	24	33	36	64	71	37	34	29	36	3.9
♂	136	111.6	35	26	35	39	70	78	40	36	50	35	4.0
♂	142	132.3	39	29	37	43	74	80	42	38	58	33	4.3
♂	146	124.0	37	28	38	41	76	83	43	40	41	35	4.6
♀	139	107.5	32	25	35	39	69	79	40	36	40	34	4.8
♀	128	78.5	31	23	34	36	67	74	38	35	38	34	4.2
♀	132	99.2	32	25	34	35	68	75	41	35	38	35	4.0
♂	145	124.0	36	27	36	39	73	79	41	37	47	38	4.3

Table 2. Results of measurement and reliability of morphological characteristics by sexes.

	Mean value		
	♂	♀	Total *
Length of body	136.013±0.347	132.414±0.103	134.163±0.231
weight of body	48.746±0.360	44.164±0.297	46.890±0.226
Hight of body	34.535±0.009	32.879±0.096	33.802±0.078
width of body	25.997±0.077	24.897±0.072	25.519±0.055

Standard deviation			Coefficient of variation		
♂	♀	Total *	♂	♀	Total *
10.212±0.245	2.596±0.073	9.633±0.163	7.508±0.180	1.961±0.055	7.180±0.122
10.560±0.255	7.489±0.209	9.446±0.159	21.663±0.775	16.957±0.476	20.145±0.341
3.085±0.007	2.398±0.068	2.989±0.055	8.933±0.222	7.293±0.308	8.843±0.163
2.211±0.055	1.789±0.051	2.145±0.039	8.505±0.209	7.186±0.206	8.406±0.154

*Iinchuding samples sex unknown

Items \ Groups	Male ♂		
	Mean Value	Standard deviation	Coefficient of variation
Hight of body/L×100	25.136±0.069	0.955±0.049	3.799±0.193
Width of body/L×100	18.705±0.059	0.828±0.042	4.427±0.225
Length of head/L×100	26.182±0.059	0.819±0.042	3.128±0.519
Position of first dorsal fin/L×100	29.523±0.144	2.005±0.102	6.791±0.345
Position of second dorsal fin/L×100	52.079±0.114	1.594±0.081	3.061±0.156
Position of anal fin/L×100	56.409±0.077	1.072±0.055	1.900±0.096
Position of ventral fin/L×100	28.807±0.065	0.909±0.046	3.155±0.161
Position of pectoral fin/L×100	26.920±0.074	1.029±0.052	3.822±0.194
Length of anal fin/L×100	28.340±0.453	6.664±0.339	23.514±1.196
Length of pectoral fin/L×100	25.261±0.140	1.952±0.099	7.729±0.393
Diameter of eye/Head length×100	12.198±0.070	0.965±0.049	7.911±0.408

Female ♀					
Mean value	Standard deviation	Cofficient of variation	M	M	M
24.452±0.125	1.453±0.088	5.942±0.360	0.684	0.143	4.783
18.484±0.060	0.707±0.042	3.825±0.231	0.221	0.084	2.631
25.855±0.074	0.863±0.052	3.338±0.202	0.327	0.094	3.478
29.387±0.165	1.918±0.116	6.527±0.395	0.136	0.219	0.621
51.903±0.119	1.396±0.084	2.689±0.163	0.176	0.164	1.073
56.581±0.092	1.082±0.065	1.912±0.116	0.172	0.119	1.445
28.984±0.094	1.100±0.067	3.795±0.230	0.177	0.114	1.552
26.871±0.111	1.296±0.078	4.823±0.292	0.049	0.133	0.368
28.484±0.498	3.810±0.352	20.397±1.237	0.144	0.743	0.193
25.117±0.148	1.703±0.105	6.803±0.419	0.144	0.204	0.705
12.434±0.087	1.019±0.062	8.195±0.499	0.236	0.111	2.126

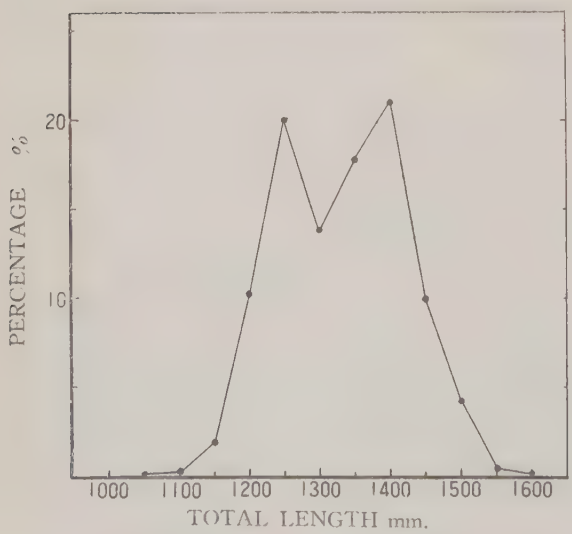


Fig. 1. Length composition of the yellowfin tuna.

魚体組成

1). 体長，体重組成

体長並びに体重の組成及び体長と体重との関係は第1，2，3図の通りである。即ち体長では 125～130cm が 20%，140～145cm が 21%，体重では 33.75～37.5kg が 13%，48.75～52.50kg が 15.5% の出現率を示し両者とも二つのモードを認める事が出来る。

2)，性別体長，体重組成並びに性比

雌雄別に依る体長，体重組成は第4，5図の通りある。いま体長 140 cm以上，体重 52.50kg 以上のもの

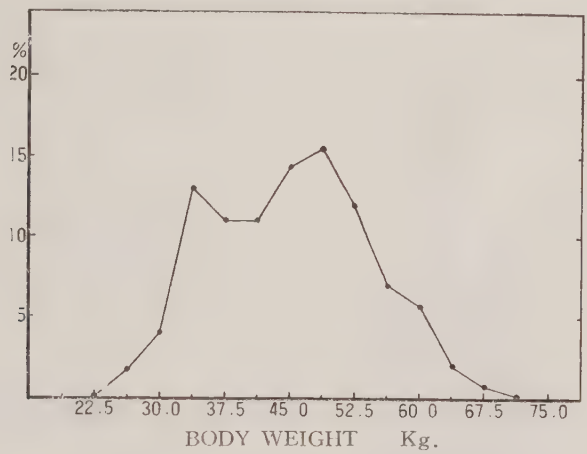


Fig. 2. Weight composition of the yellowfin tuna.

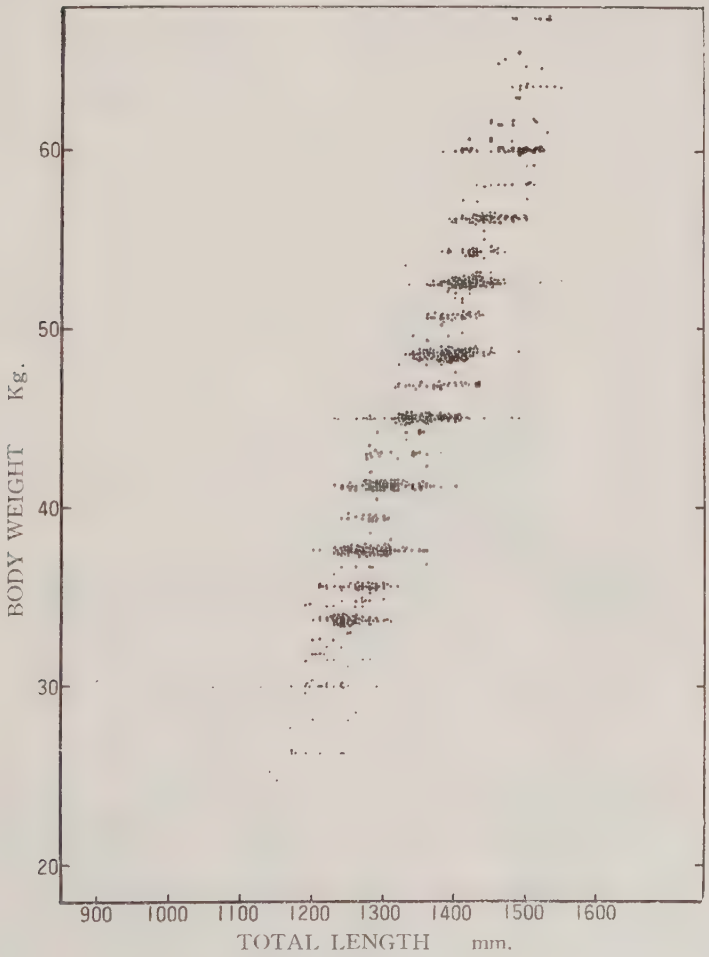


Fig. 3. Relation between body length and body weight.

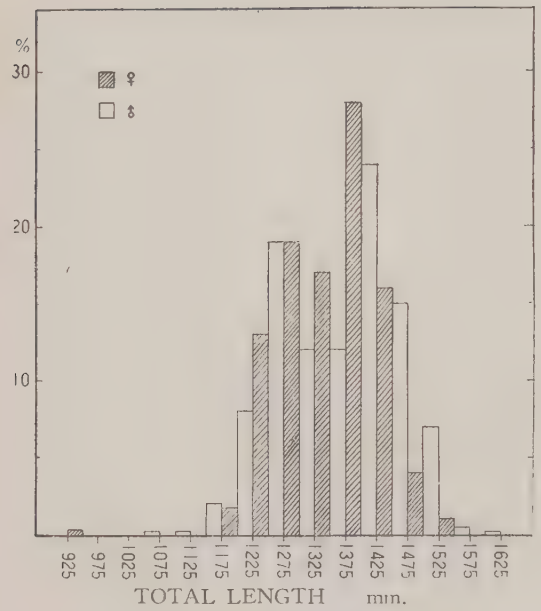


Fig. 4. Length composition of male and female.
□ ····· Male, ▨ ····· Female.

の出現頻度を百分率で示すと第3表の通りである。即ち体長140cm以上の出現率は雄魚46.7%，雌魚21,3%を示し，雄が多く両者の体長極限は雌魚では150～155cm，雄魚では160～165cmを示した。又，体重52.5kg以上の出現率は雄魚39.4%，雌魚13.8%を示し雄が大きく，両者の体重極限は雌魚では67.50kg，雄魚では82.50kgを示した

3). 雌雄の形態的差異

測定結果は第2表に示す通りであり，外見上の雌雄差は認められないが統計的には体高の平均値（体高／体長）のみは雄魚では25.136±0.069，雌魚では24.452±0.125で，両者の信頼度は4.783で差異が認められる。

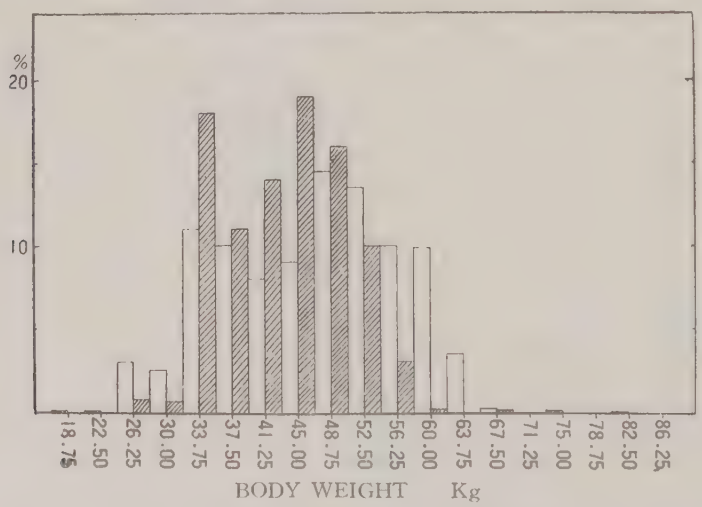


Fig. 5. Weight composition of the yellowfin tuna.
□ ····· Male, ▨ ····· Female.

Table 3. Percentage of occnrrence of the maximum size in male and female.

Sex		Number of specimens	Number of individuals above 140cm in body length	%	Sex		Number of specimens	Number of individuals above 140cm in body length	%
Frequency	male	392	183	46.7%	Frequency	male	391	154	39.4%
	Female	287	61	21.3%		Female	289	40	13.8%

中部インド洋に於けるキハダマグロの成長

Schaefer 等の統計学的計算方法に倣ひ第1表から第4表を得た。この海域のキハダマグロの各部分の成長の割合は他の海域のものと同様に臀鰭に於いて最大で，胸鰭に於いて最小である。体長が100cmから150cmに成長する迄に各部分成長する割合を百分率で示すと次の如くである。

Table 4. Statistics of linear regressions of measurements of Mid Indian yellowfin tuna.
All logarithms are to base 10.
N=number in sample.
$\bar{x}$, $\bar{y}$=means of X and Y.
Sx^2, Sy^2, Sxy=suns of squares and products about the mean values $\bar{x}$, $\bar{y}$.
$b=\frac{Sxy}{Sx^2}$ regressin coefficient of y on x.
$S^2=\frac{Sy^2\ b^2\ Sx^2}{N-2}$ estimate of variance about regression line.
a=y intercept of regression line.

x	y	N	$\bar{x}$	$\bar{y}$	Sx^2	Sy^2	Sxy	b	s	a
Total length	Head length	150	1352	351	1399040	89111	325053	0.23234	9.58	36.876
Total length	1st dorsal fin	150	1352	398	1399040	202526	364484	0.26052	26.95	45.776
Total length	2nd dorsal fin	150	1352	702	1399040	409040	689284	0.49268	21.66	35.897
Total length	Anal fin	150	1352	763	1399040	397230	712190	0.50906	15.30	74.751
Total length	Ventral fin	150	1352	390	1399040	112150	351420	0.25119	12.69	50.391
Total length	Greatest body depth	150	1352	336	1399040	140895	393336	0.28115	14.31	−44.115
Head length	Diameter of iris	147	351	42.9	86188	2403.1	7861.9	0.09122	3.41	10.882
Log Total length	Pectoral length	148	3.13097	337	0.16810	76414	43.49309	258.73	39.62	−473
Log Total length	Log anal length	150	3.13097	2.58846	0.17042	2.05644	0.42389	2.48733	2.48228	−5.19930
Log Total length	Log Body weight	150	3.13097	2.00303	0.17042	1.57798	0.44506	2.61155	0.05310	−6.17365

臀鰭の長さ	174.3%	胸鰭の長さ	15.2%
体高	59.5%	頭長	43.1%
吻端より第1背鰭基部前端迄の距離			42.5%
〃 第2背鰭	〃		46.5%
〃 臀鰭	〃		43.2%
〃 腹鰭	〃		41.5%

これらの計算に必要な回帰方程式を第4表から求めると次の通りである。

(1) Head length y on total length x

$$y = 36.876 + 0.23234\ x$$

(2) Snout to insertion of first dorsal fin y on total length x

$$y = 45.776 + 0.26052\ x$$

(3) Snout to insertion of second dorsal fin y on total length x

$y = 35.897 + 0.49268\ x$

(4) Snout to insertion of anal fin y on total length x

$y = 74.751 + 0.50906\ x$

(5) Snout to insertion of ventral fin y on total length x

$y = 50.391 + 0.25119x$

(6) Length of pectoral fin y on total length x

$y = 258.7\log x - 473$

(7) Length of anal fin y on total length x

$y = 0.00000632\ x^{2.48733}$

(8) Body weight of pounds y on total length x

$y = 0.00000067\ x^{2.61155}$

外部形態的特徴

I. 鰭の長さ

1) 臀　鰭

体長が 100cm と 150cm の時の臀鰭の長さと体長との関係は第5表，第6図の通りである。

Table 5. Comparison of length of anal fin, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Length of anal fin (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	183	502	147.3
S. W. Pacific samples	298	647	117.1
Hawaiian samples	197	499	153.3
Angola samples	190	428	125.3
Costa Rica samples	171	357	108.8
S.W. Great Sunda Island samples	224	641	186.2

100cm ではコスタリカのものより長く，西南太平洋，ハワイ，アンゴラ，スンダ等の海域のものより短い。この差異は西南太平洋のものとの間で最大で，アンゴラ，コスタリカのものとの間で最小である。150cm ではコスタリカ，アンゴラ，ハワイのものより長く，西南太平洋，スンダの資料より短く，他の海域より成長の割合が個体の成長と共に急速度で増加する傾向が見られる。

2) 胸　鰭

体長が 100cm と 150cm の時の胸鰭の長さと体長との関係は第6表第7図の通りである。体長 100cm では西南太平洋のものより短く，他の海域のものより一般に長い。この差異は臀鰭の長さの場合に反し，個体の成長と共に減少する傾向が見られ，150cm ではコスタリカの資料と殆んど同じになり，150cm 以上の大形の個体では他の海域の何れのものより短い事が推定される。

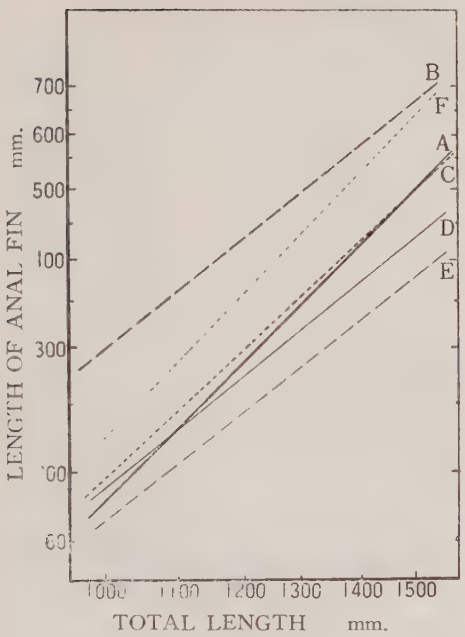


Fig. 6. Relation between length of anal fin and total length.
A ····· Mid Indian samples.
B ····· S. W. Pacific samples.
C ····· Hawaiian samples.
D ····· Angola samples.
E ····· Costa Rica samples.
F ····· Sunda samples.

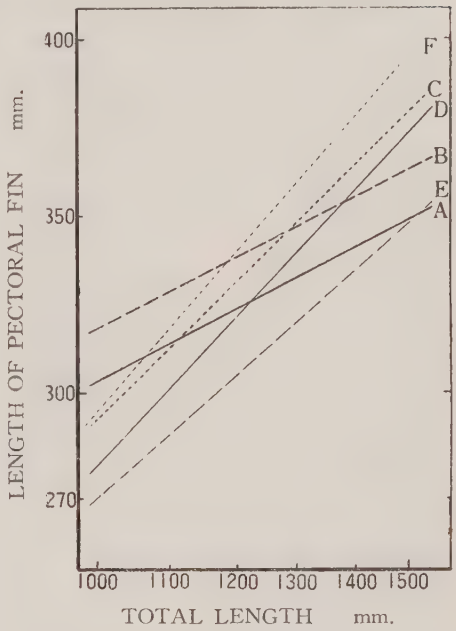


Fig. 7. Relation between length of pectoral fin and total length.
A ····· Mid Indian samples.
B ····· S. W. Pacific samples.
C ····· Hawaiian samples.
D ····· Angola samples.
E ····· Costa Rica samples.
F ····· Sunda samples.

Table 6. Comparison of length of pectoral fin, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Length nf anal fin (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	303	349	15.2
S. W. pacific samples	318	363	14.2
Hawaiian samples	292	379	26.4
Angola samples	279	374	34.1
Costa Rica samples	270	348	28.9
S. W. Great Sunda Island samples	294	359	22.1

II. 頭長及び吻端より各鰭基底部前端迄の距離

1) 頭　長

体長が100cm と 150cm の時の頭長と体長との関係を示すと第7表第8図の通りである。一般にコスタリカ，スンダのものより稍々小さく，ハワイものよりも大きい。小さい個体では西南太平洋，アンゴラのものより小さく，大きな個体ではこれに反して大きい。即ち，体長が125cm 以下では小さく，126cm 以上では大きくなつており，この差異は個体の成長と共に増

Table 7. Comparison of head length, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Head length (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	269	385	43.1
S. W. pacific samples	274	380	38.7
Hawaiian samples	258	371	43.8
Angola samples	272	384	41.2
Costa Rica samples	273	390	43.2
S. W. Great Sunda Island samples	273	390	43.2

Table. 8. Comparison of snont to insertion of 1st dorsal fin, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Snout to insertion 1st dorsal fin (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	306	436	42.5
S. W. pacific samples	299	404	35.1
Hawaiian samples	288	412	43.1
Angola samples	295	416	41.0
Costa Rica samples	295	427	44.7
S. W. Great Sunda samples	299	437	46.2

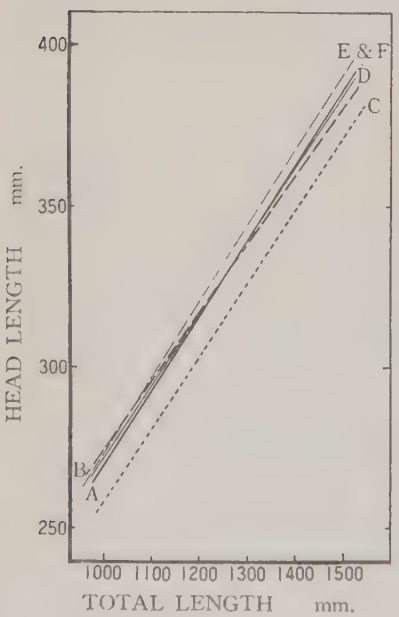


Fig. 8. Relation between head length and total length.
A …… Mid Indian samples.
B …… S. W. Pacific samples.
C …… Hawaiian samples.
D …… Angola samples.
E …… Costa Rica samples.
F …… Sunda samples.

加する傾向が見られる。

2) 吻端より第1背鰭基底部前端迄の距離

体長が100cmと150cmの時の吻端より第1背鰭迄の距離と体長との関係は第8表第9図の通りである。一般に他の何れの海域のものよりも大きく，体長 145 cm 以上の大形の個体ではスンダのものよりも短く，この差異は個体の成長と共に増加する傾向が見られる。

3) 吻端より第2背鰭基底部前端迄の距離

体長が100cmと150cmの時の吻端より第2背鰭迄の距離と体長との関係は第9表第10図の通りである。100cm では西南太平洋，アンゴラ，スンダ等のものより短いが 115cm 以上の個体では一般に他の何れの海域のものより長い。これは個体の成長と共に増加する傾向が見られる。

4) 吻端より腹鰭基底部前端迄の距離

体長が 100cm と 150cm の時の吻端より腹鰭迄の距離と体長との関係は第10表第11図の通りである。ハワイ，スンダのものより一般に長く，アンゴラのものと殆んど同一である。西南太平洋のものより短いが，この差異は個体の成長と共に減少する傾向が見られ，155cm 位の個体では一致し，これ以上の大形の個体

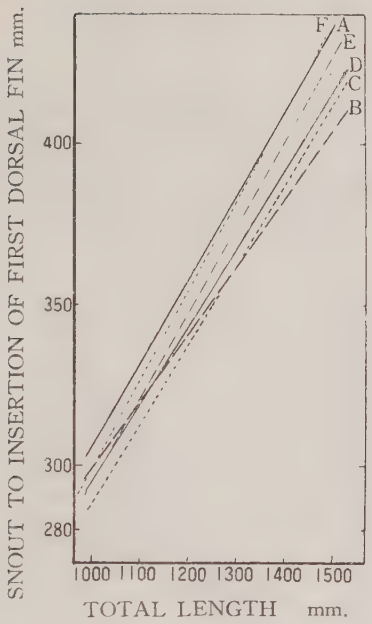


Fig. 9. Relation between snout to insertion first dorsal fin and total length.
A ····· Mid Indian samples.
B ····· S. W. Pacific samples.
C ····· Hawaiian samples.
D ····· Angola samples.
E ····· Costa Rica samples.
F ····· Sunda samples.

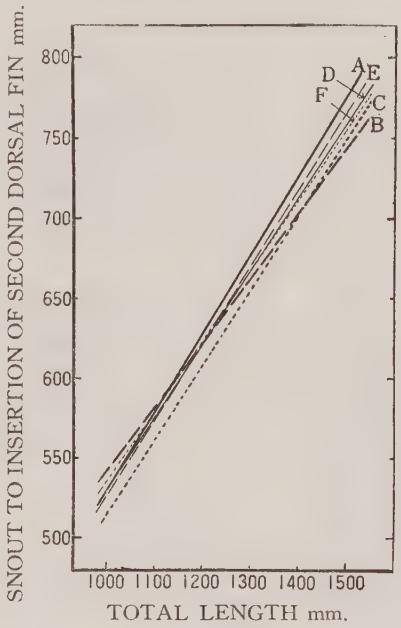


Fig. 10. Relation between snout to insertion second dorsal fin and total length.
A ····· Mid Indian samples.
B ····· S.W. Pacific samples.
C ····· Hawaiian samples.
D · ··· Angola samples.
E ····· Costa Rica samples.
F ····· Sunda samples.

Table 9. Comparison of snout to insertion of 2nd dorsal fin, 100cm.,150cm. total length.

Locals	Snout to insertion 2nd dorsel fin (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	529	775	46.5
S. W. pacific samles	541	743	37.3
Hawaiian samples	514	748	45.5
Angola samples	529	758	43.1
Costa Rica samples	526	765	45.4
S. W. Great Sunda samples	535	755	41.1

Table 10. Comparison of snout to insertion of ventral fin, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Snout to insertion of ventral fin (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	301	426	41.5
S. W. pacific samples	320	429	34.1
Hawaiian samples	292	418	43.2
Angola samples	302	425	40.7
Costa Rica samples	—	—	—
S. W. Great Sunda samples	296	424	43.2

では逆に長い事が推定される。

5）吻端より臀鰭基底部前端迄の距離

体長が100cmと150cmの時の吻端より臀鰭迄の距離と体長との関係は第11表第12図の通りである。一般にコスタリカのものより短く，ハワイ，アンゴラ，スンダのものより長い。又，小さい個体では西南太平洋のものより短く，大きな個体では逆に長くなつている。即ち，体長が135cm以下では短く，135cm以上では長くなつている。この差異は個体の成長と共に増加する傾向が見られる。

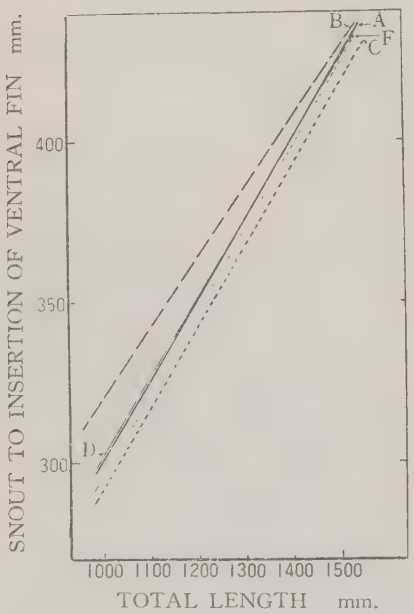


Fig. 11. Relation between snout to insertion ventral fin and total length.
A …… Mid Indian samples.
B …… S. W. Pacific samples.
C …… Hawaiian samples.
D …… Angola samples.
E …… Costa Rica samples.
F …… Sunda samples.

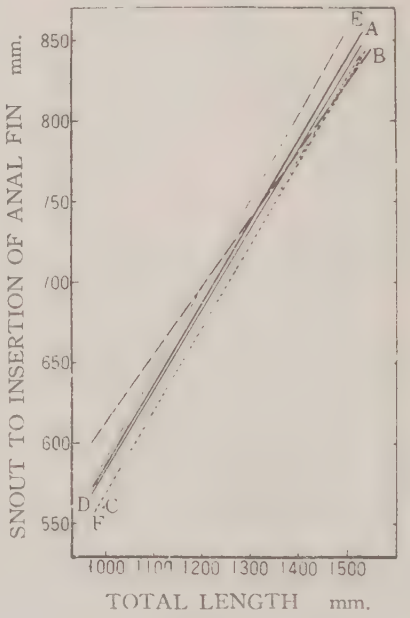


Fig. 12. Rleation between snout to insertion anal fin and total length.
A …… Mid Indian samples.
B …… S. W. Pacific samples.
C …… Hawaiian samples.
D …… Angola samples.
E …… Costa Rica samples.
F …… Sunda samples.

Table 11. Comparison of snout to insertion of anal fin, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Snout to insertion of anal fin (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	585	838	43.2
S. W. pacific samples	612	823	34.5
Hawaiian samples	569	824	44.8
Angola samples	582	832	43.0
Costa Rica samples	589	856	45.3
S. W. Great Sunda samples	572	826	44.4

III. 体高及び体重

1) 体　高

体長が100cmと150cmの時の体高の計算値を示すと第12表の通りである。この値は小なる個体では他の何れの海域のものより小さく，大なる個体でも西南太平洋のものより大きいだけで一般に小さい。然し，成長の割合は他の何れの海域のものより遙かに大きい値を示している。

Table 12. Comparison of greatest body depth,100cm., 150cm. total length.

Locals	Greatest body depth (mm)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	237	378	59.5
S. W. pacific samples	271	361	33.2
Hawaiian samles	254	381	46.1
Angola samples	261	395	51.3
Costa Rica samples	255	383	50.2
S. W. Great Sunda samples	257	383	49.0

2) 体　重

体長が100cmと150cmの時の体重の計算値を示すと第13表の通りである。これは小なる個体では西南太平洋のものより稍々小さく，他の何れの海域のものより大きい。大なる個体ではコスタリカのものと殆んど同じであるが，他の何れの海域のものより稍々小さい。成長度は西南太平洋のものより幾分大きく，他の海域のものより遙かに小さい。

Table 13. Comparison of body weight, 100cm., 150cm. total length.

Locals	Body weight (Pounds)		Growth rate (%)
	Total length 100cm	Total length 150cm	
Our Mid Indian samples	45.8	132.1	188.4
S. W. Pacific samples	50	134	168.0
Hawaiian samples	43	144	234.9
Angola samples	—	—	—
Costa Rica samples	40	132	230.0
S. W. great Sunda samples	43	138	220.9

考　察

藪田，上柳（1953）は太平洋赤道海域のキハダマグロでは131cm附近に著しいモードが現れ140cm附近にもモードらしいものが認められ，体重では35～37kgのものが主体となつているが外に45～50kgの大形のものも認められる事を報告した。神奈川県の相模丸（1955）の調査では中部印度洋のキハダマグロの体長組成は131～140cmが36.26%，141～150cmが21.19%，121～130cmが16.96%と報告した。又，SCHAEFER（1948）は中部アメリカで80～90cm，コスタリカで90～100cmが主となつている事を述べ，相川（1949）はモルツカ

海峡で43～57kg，平均50kg（1.29m），フロレス海で平均57kg（1.38m），スンダ海峡，ロンボツク海峡では平均50kg（1.29m），ベンガル湾では1.0～1.8m，13～75kgで平均38kgであると記述した。此等と比較検討すると中部インド洋のキハダマグロは平均体長134.163cmで125～130cmと140～145cmに二つのモードが現はれ，若干140～145cmの方が大きい割合を示し，平均体重は46.89kgで48.75kgに大きいモードが認められた。更に相模丸の報告では性比について雄が68.4%，雌が31.6%を示した。著者等が調査した海域では雄が57.7%，雌が42.3%を示して居り，雌雄とも可成り開きがあるが一般に雄の方が多い傾向にあつたと思はれる。中部印度洋海域のキハダマグロの成長の割合は他の海域のもと同様に臀鰭に於いて最大で，胸鰭に於いて最小である。著しい特徴は胸鰭の長さ，吻端より第2背鰭基底部前端迄の距離，及び体高に認められた。同じ大きさの個体では，胸鰭の長さの成長の割合は非常に低く個体の成長と共に他の海域のものとの差異は増大する事が見られ西南太平洋の資料と一致した傾向を示している。吻端より第1，第2背鰭，臀鰭迄の距離の成長の割合は極めて顕著である。特に吻端より第2背鰭迄の距離に於いては，成長の割合と第14表のXの係数とが他の何れ

Table 14. Regression cofficients for various dimensions on total length, for samples from Mid Indian, S. W. pacific, Hawaii, Angola, Costa Rica, S. W. Great Sunda Islands and American West coast.

Locals	Head length	Insertion 1st dorsal	Insertion ventral	Insertion 2nd dorsal	Insertion anal	Greatest body depth	Length anal
Our Mid Indian samples	0.23234	0.26052	0.25119	0.49268	0.50906	0.28115	2.48733
S. W. pacific samples	.021202	0.20971	0.21822	0.40469	0.42182	0.18083	1.90955
Hawiian samples	0.22567	0.24821	0.25259	0.46914	0.51941	0.25469	2.28934
Angola samples	0.22380	0.24190	0.24740	0.45840	0.50210	0.26780	2.00815
Costa Rica samples	0.23504	0.26346	—	0.47675	0.53508	0.25550	1.83200
S. W. Great Sunda samples	0.23417	0.27687	0.25567	0.43915	0.50854	0.25091	2.58067
American West Coast samples	0.24356	0.26148	0.27244	0.48358	0.54383	—	—

の海域のものより大きい。此の事は体軀の前半部（特に第1背鰭と第2背鰭との間）が後半部より成長の割合が大きい事を意味して居り，特に体長115cm以上の個体に於いて著しい。従つて中部印度洋では個体の前半部が長く，後半部が短い。是はROYCE（1952）の発表した太平洋東部の個体と一致した傾向を示すものと思われる。又，体高は吻端より第2背鰭迄の距離の場合と同じく，成長度とXの係数とが他の何れの海域のものより大きい。此の事は体高が高い事を意味するが，然しながら未だ小さい時期に於いて体長に対する体高が他の海域のものに比較して著しく低い為めに，100cmから150cmの間では低くなつて居る。之に反し，非常に大きく成長した個体では当然体高も高くなつてくるものと思はれる。体重は他の海域のものと比較し一般に軽い。此れは体高が著しく関係しているものと推察される。その他の特性については，海域的に多少の差異はあるが著しい特徴は認められない。ROYCE（1952），鶴田（1955）は相隣接する海域相互間の資料よりも遠隔の海域との資料間に相似点が認められる事を報告した。中部印度洋のキハダマグロは綜合的に他の海域の資料と比較すると，第16表に示す体長Xの係数で明らかな様に，コスタリカ，ハワイ，アンゴラ等の遠隔地の資料と類似している点が充分認められる。此れはキハダマグロが世界に亘り単一の種が分布していると思考される為めでもあろう。従つてキハダマグロは広く世界に亘り単一の種が分布し，各海域に半独立的分化

をした種族が棲息しているものであろうと考える SCHAEFER (1948～52), GODSIL (1948), 鶴田 (1955) 等の説が妥当であろう。

摘　　要

1) 体長組成で 125～130cm と，140～145cm とに二つのモードが認められた。
2) 雌より雄の方が大型である。
3) 性比は雄が 57.7%，雌が 42.3% を示した。
4) 体高に於いて雌雄の差が認められた。
5) 吻端より第2背鰭迄の距離と体高とは，成長度並びにXの係数が他の海域の何れのものより大きい。
6) 中部印度洋のキハダマグロは個体の前半部が長く，後半部が短い。

文　　献

1) 相川広秋：1949. 水産資源学総論.
2) GODSIL, H. C. & GREENHOOD, E. C.: 1951. A comparison of the population of Yellowfin Tuna, from the Eastern Central Pacific. Dept, Eish and Game of calif., Fish. Bull. No. **82.**
3) 鮪漁業研究会：1955. 鮪漁業.
4) 中村広司：1949. 鮪漁業とその漁場. 日本鰹鮪漁業協同組合連合会.
5) 中村広司：1953. 南海区水産研究所報告. No. **1.**
6) 藪田洋一・上柳昭治：1953. 赤道海域マグロ類の分布. 南海区水産研究所報告. No. **1.**
7) ROYCE, W. F.: 1952. Preliminary report on a comparison of yellowfin tuna. Pacific Oceanic Fishery Investigations.
8) SCHAEFER, M. B. & MARR, J. G.: 1948. Contrbutions to the Bioloty of the Pacitic tunas. Fish and Wild life Service, Fish. Bull. No. **44.**
9) SCHAEFER, M. B. & WALFORD, L. A.: 1950, Biometric comparison between yellowfin tunas of Angola and of the Pacific coast of Central America. Fish and Wild life Service, Fish. Bull No. **56.**
10) SCHAEFER, M. B.: 1952. Compaison of yellowfin tuna of Hawaiian waters and of the American west coast. Fish and wild life Service. Fish. Bull. No. **72.**
11) 鶴田三郎：1954. 太平洋南西海区とハワイ海域に於けるキハダマグロの形態上の比較，水産講習所研究報告，**3**（3）.
12) 鶴田三郎：1955. 大スンダ列島南西沿海と太平洋海域に於けるキハダマグロの形態上の比較. 水産講習所研究報告，**4** (3).

マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について (II)

放出時刻に及ぼす乾燥の影響※

松　井　敏　夫

On the Shedding of the Spores of *Gloiopeltis tenax* (TURN.) J. AG. and *G. furcata* POST. et RUPR. (II)

Effect of drying on the shedding time

By
Toshio MATSUI

The fact that the shedding of the spores of *Gloiopeltis tenax* and G. *furcata* occurs at the time when tide is rising was first informed by SUTO (1949). In the previous paper (1955) the present author reported that, in the experiments without emersion of fronds, *Gloiopeltis* periodically shed the spores once a day almost at the definite time, the range being from 18 to 24 hour in a day in *G. tenax* and from 2 to 8 hour in *G. furcata*, and that, in another series of experiment in laboratory on effect of drying to the shedding, the shedding amount at the time when fronds are immersed in sea water after drying has relation to the shedding time mentioned above.

In the present experiment the effects of drying in the shade on the shedding were examined in more detail than in the previous work.

A frond collected at the time when it had been submerged in sea water was divided to several segments, one of which, as the control, immersed in the sea water throughout the experiment, and others were dried for several hours at different times; the following shedding of the latter was compared with the shedding of the control.

In *G. tenax* the shedding of the tetraspores is apt to be induced by drying. If the fronds are dried and then immersed in sea water even 12 hours before the climax of the shedding of the control, those would shed the spores immediately after immersion, though in some cases the shedding also occurs around the shedding time of the control (Figs. 1, 2 and 4).

In *G. furcata* it is confined to such cases as immersing the frond around shedding time that the shedding occurs immediately after immersion. Even if the shedding does not occur immediately after immersion, however, the drying causes to change the following shedding time as shown in fig. 4. In such case as cutting the drying by six hours before the climax of the shedding in

※ 水産講習所研究業績　第195号

the control, the following shedding comes always to a climax after 11—13 hours (Fig. 7). However, it seems that the range of shedding time is limited from 1 to 11 hour in a day (Figs. 5 and 6).

When the shedding occurs immediately after immersion, the shedding amount in relation to lapse of time changes with the degree of desiccation, in both species (Fig. 3).

緒　　言

前報（松井・安田，1955）では，マフノリ及びフクロフノリは干出させないでおくと，それぞれ大略18～24時，2～9時の間に胞子を放出し，フクロフノリでは放出時刻は上の範囲内で潮時に伴つて変動し，上潮時に相当する時刻頃に放出する傾向があるが，マフノリでは潮時との関係は明らかでないこと，また両種とも人為的に干出を与えて上記放出時刻中は勿論その少し前に海水に戻すと，その直後に多量の胞子を放出し，放出終了後に干出させても全く放出しないこと等を報じた。しかし上記の室内に於ける放出時刻は材料採取前に藻体が遭遇した自然干出に影響されていないとは言えないし，また人為的に放出を誘発し得る時刻の限界を精密に摑んではいなかつたので，今回は種々の時刻に人為的干出（蔭干）を与え，その後の放出状態を追求することによつて，蔭干による放出の誘発を確実にしようと試みた。その結果四分胞子に於いて或程度目的を達したので，なお追求すべき点もあるが，一応報告する次第である。

本稿を草するに当り，校閲を賜つた九州大学瀬川宗吉博士並びに終始指導，助言を与えられた本所片田実博士に厚く御礼申しあげる。

材料及び実験方法

材料としては下関市吉見地先の外海に面した岩礁のマフノリ及びフクロフノリの無性個体を用い，フクロフノリでは1955年4月上旬から5月下旬まで，マフノリでは5月中旬から6月下旬まで，それぞれ両種の成熟盛期に実験を行つた。材料は略一定の場所で，目的に応じて干出の直前または冠水の直前に採取し，その状態を保つて迅速に持ち帰り，直ちに実験に供した。使用株数は1株を原則としてこれを切断して各実験区に分けたが，実験区が多いため多数を必要とする場合には，立地条件に殆んど差がないと見られる近接した数株を用いた。なお採取地点附近には paraspore（須藤，1948）を併有する体も生育しているが，今回は四分胞子のみを有する体を用いた。

実験方法の中こゝでは各項目に共通する部分について述べる。蔭干は母藻をシャーレに容れてなるべく涼しい場所で行つたが，乾燥度を特に低くする必要がある場合には，上のシャーレを少量の水を入れた別の大型シャーレに容れ，蓋を被せて乾燥を防いだ。蔭干時間はマフノリでは普通4時間，フクロフノリでは4～6時間とした。その際の気温は時期によつて異なることは勿論であるが，大体15～27°Cの範囲であつた。また乾燥度を蔭干開始時の水切り重量と同終了時の重量との差を前者で除して100倍した値であらわした。生育地の水温は4月初めの頃が16°C前後，6月末が24°C位で，室内母藻浸漬水温をこれに近く保つことに努めた。放出胞子の計数は前回同様静置帯状法（片田，1955）によつた。なお放出量の最も高くなつた時刻を放出最盛時刻と称して放出時刻の代表値としたが，これを特に厳密に決める必要のある場合は中央値を求める要領で算出した。

実 験 結 果

A. マフノリの放出時刻に及ぼす蔭干の影響

材料はすべて干出前に採取し，数個に切断し，種々の時刻に蔭干した幾つかの条件区と浸漬したまゝの対照区の放出時刻を比較した。各実験は対照区の放出時刻を予備実験及びそれまでの実験結果から予想して計画した。実験結果は乾燥度の差異に基ずく若干の相違を除けば大体一致したので代表的な例を挙げるに止める。

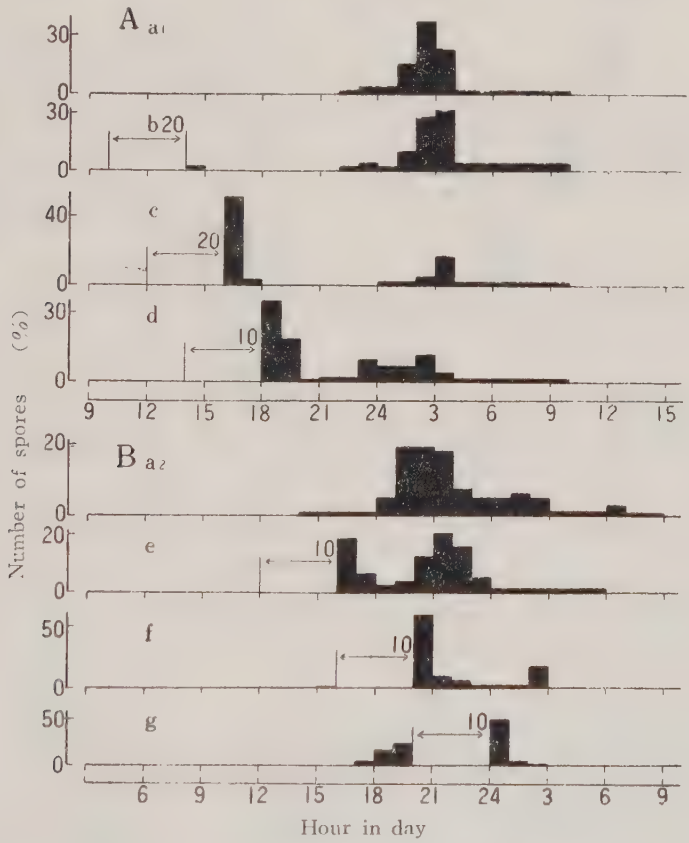


Fig. 1. Effect of drying on the shedding of tetraspores of the frond, picked before emersion, expressed in per cent by numper of spores counted in a day, in *G. tenax*. The control experiment in A (May 10—11, 1955) is showed in a_1, the same in B (June 17—18, 1955) in a_2. Figures on the arrows, showed the time of drying, indicate the degree of desiccation at the time when the drying has finished.

実験1. 4時間蔭干，乾燥度10～20%の場合で，A，B 2度の実験を行つた。蔭干を終える時刻をAでは対照の無乾燥区（a_1）の放出最盛時刻よりそれぞれ約12（b），10（c），8（d）時間前に，Bでは対照区（a_2）のそれより約4時間前（e）と直前（f）及び放出の終り頃（g）とした。放出量の変動を第1図に示した。この図によれば，12時間前に蔭干を終えた場

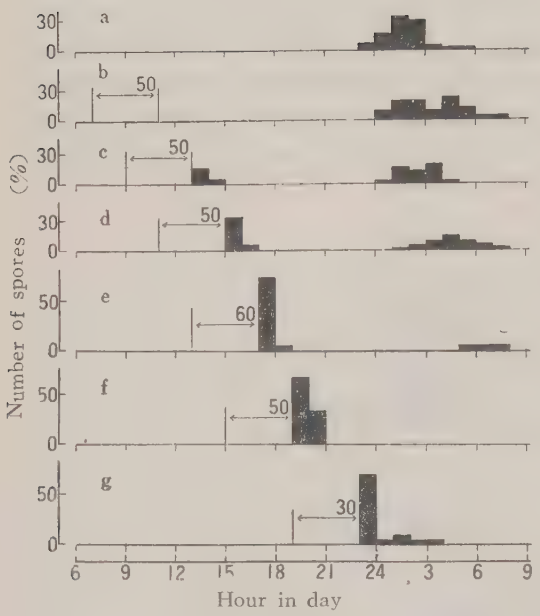


Fig. 2. Effect of drying on the shedding of tetraspores of the frond, picked before emersion, expressed in per cent by number of spores counted in a day (May 25—26, 1955), in *G. tenax*. Figures on the arrows, showed the time of drying, indicate the degree of desiccation at the time when the drying has finished.

合には胞子はその直後に僅か放出され，10時間前区以下では浸漬直後に放出される割合が次第に大きくなり，残余が対照区の放出時刻頃に放出されている。

実験2． 4時間蔭干，乾燥度40～60%の場合で，対照区（a）の放出最盛時刻よりそれぞれ約15（b），13（c），11（d），9（e），7（f），3（g）時間前に蔭干を終えた。その結果を第2図に示した。この図によつてわかる様に，15時間前区では浸漬直後には放出されないが，13時間前区以下では前実験同様浸漬直後に放出される割合が大きくなり，8時間前区以下では殆んど全部の胞子が浸漬直後に放出される。

次に蔭干直後の放出量の時間的変化を第3図A，Bに示した。Aは対照区の放出時刻の少し前に*，Bは放出時刻の終り頃に蔭干を終えた場合で，何れも浸漬後3時間の放出量に対する5分間当りの百分比で表わした。この図からわかる様に，放出時刻前に蔭干して浸漬した場合，乾燥度が40～60%であると5～10分の間に最も多量放出されるが乾燥していない（乾燥度0～10%）と放出量の変化は少く少量づつ長時間に亘つて放出される。放出時刻の終り頃に浸漬した場合には，乾燥度に関係なく短時間に多量の胞子を放出する。

実験1，2及び其の他の4時間蔭干実験の全結果によつて，蔭干後海水に浸漬してから1時間以内に放出される量の24時間の放出量合計に対する百分比と各実験毎の対照区の放出最盛時刻からのづれで示した蔭干時刻との関係を乾燥度別に第4図に示した。これによれば，蔭干は放出最盛時刻を7～12時間早めること，また乾燥度の高い場合（30～60%）は低い場合（0～30%）より誘発の効果が大きいことがわかる。なおこの図だけでは放出時刻を数時間以上延期させ得ない様に見えるが，これは蔭干時間を4時間に限定したため，蔭干前に多くの胞子が放出されて了つているためで，より延期させるためには蔭干時間を余程長くする必要があるわけである。

B．フクロフノリの放出時刻に及ぼす蔭干の影響

マフノリに於けると同じ方法で多数の実験を行つたが，先づその中の代表例を挙げる。

実験1． 4時間蔭干，乾燥度50%前后の場合で，対照の無乾燥区（a）の放出最盛時刻よりそれぞれ13（b），6（c），4（b）及び2（e）時間前に蔭干を終了させた。放出量の変動

* 前述の通り蔭干後放出が2回見られる場合があるが，この場合は1回目の放出についてのみ検討した。

を第5図に掲げた。これによると，13時間前に蔭干を終えた場合には放出時刻は対照区のそれより少し早くなるが，6時間前区では著しく遅れ，4時間前区では少し遅れた。また2時間前区では浸漬直後に多量の胞子が放出されている。この場合b区とc区では浸漬時から放出最盛時刻までの時間がともに約11時間となつていることは注目される。類似の実験を多数行つたが，後述の様に略同様の結果が得られた。

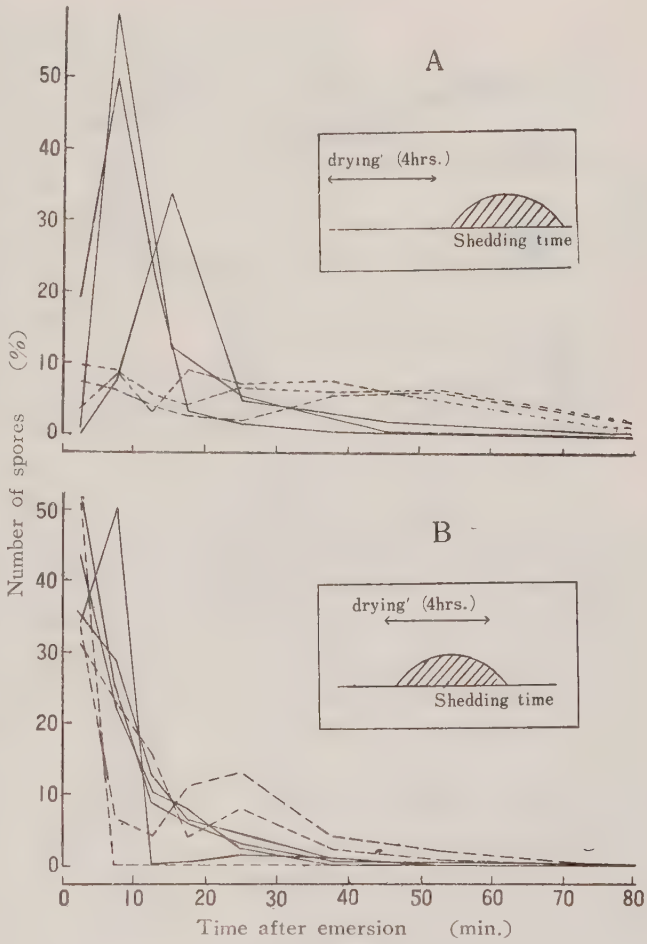


Fig. 3. Variation of the shedding amount of tetraspores after immersing the dried frond in *C. tenax*, expressed in per cent per five minutes by number of spores counted in three hours after immersion. A, the case immersing the frond before the shedding time; B, the same toward end of the shedding time. Solid lines show the variation after higher desiccation (40—60%); broken lines the same after lower desiccation (0—10%).

実験2．実験1等では対照区の放出時刻前に蔭干を終了したのであるが，この実験では対照区の放出時刻内で蔭干を終えた。5時間蔭干で実験Aは乾燥度40～60%，Bは0～10%であつた。結果を第6図A，Bに示した。第6図によれば，乾燥度が高い場合（A）には浸漬後2時間以内に放出が殆んど終つて了うが，低い場合（B）には対照区（a′）の放出時刻の始め頃に浸漬すると（b′）対照区と同様な放出経過をとり，浸漬時刻が終り頃であると（d′）その直後に多量の胞子を放出し，中頃に浸漬すれば（c′）b′とd′の中間の経過をとる。結局対照区の放出時刻頃に浸漬しても，乾燥度が低ければ放出を抑制するのみで，高い場合の様に誘発させることは出来ないと思われる。

次にすべての実験結果によつて，蔭干終了時刻から対照区の放出最盛時刻までの時間と，同じく蔭干終了時刻から蔭干区の放出最盛時刻までの時間との関係を示すと第7図の通りになる。これによつて，実験1で見られた所の対照区の放出最盛時刻より6時間前以前（実験は16時間前まで行つている）に蔭干を終えると，浸漬後大体10～13時間で放出最盛時刻になり，この間の時間は略一定しているという事実が認められる。なお乾燥度の低い場合にはこの間の時間は

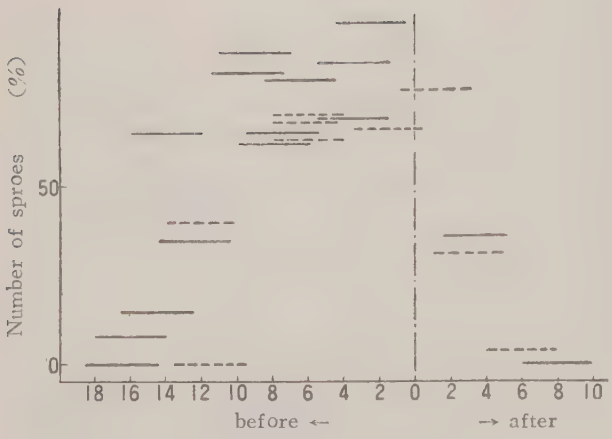


Fig. 4. Relation between the time of drying, expressed by hours before and after the time of the climax of the shedding in respective control, and the amount of tetraspores shed for 1 hour after immersion in sea water, expressed in per cent by number of spores counted in a day, in *G. tenax*. Solid lines show the time of drying in the case which degree of desiccation is 40 to 60%, broken lines the same of 0 to 30%.

フクロフノリで特に差違を認めなかつた。これは主に実験の種類が少かつたためで，今回は両種の間に大きな相違があることがわかつた。即ちマフノリの胞子の放出は蔭干によつて誘発され易く，蔭干を与えない藻体の放出時刻より 6 ～12時間前でも浸漬直後にその日に放出する胞子の一部及至大部を放出する。但し残余の胞子は無乾燥の場合の放出時刻頃に放出される。これに対してフクロフノリでは蔭干時刻を変えることによつて放出時刻を数時間以内で早めたり遅らせたりすることは出来るが，蔭干直後に放出を誘発させることは極めて狭い範囲に限られる。即ち蔭干を与えない場合の放出時刻頃に，相当高い乾燥を与えた場合のみ直後に大量の胞子を放出させ得るのである。

前報で無乾燥の状態での放出時刻は，マフノリでは潮汐と無関係の様であるが，フクロフノリでは規則的に変動するらし幾分短い様である。考察の項で詳述するが，この現象は重要な意味をもつていると思う

また前記マフノリ（第 4 図）と同様に蔭干時刻と浸漬後 1 時間の放出百分比との関係を第 8 図に示した。これによつて放出を誘発促進し得るのは無乾燥の場合の放出時刻頃に限られ，この範囲内でも蔭干直後に放出される量は乾燥度によつて異なり，それが高い程多量の胞子を放出することがわかる。以上の結果はマフノリの場合と著しく相違していると言わなければならない

考　察

前回の実験では胞子の放出に及ぼす乾燥の影響はマフノリと

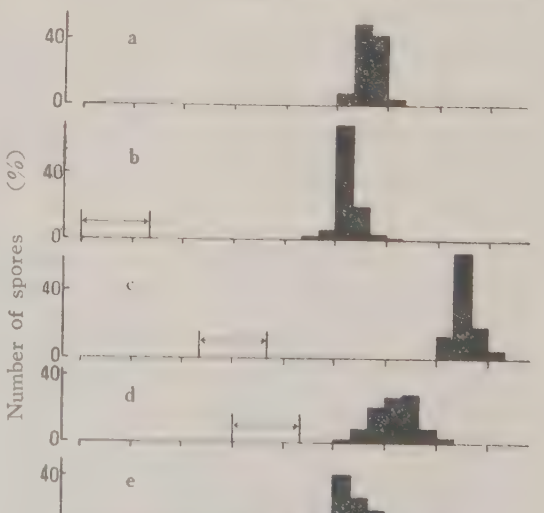


Fig. 5. Effect of drying on the shedding of tetraspores in *G. furcata*, picked before emersion, expressed in per cent by number of spores counted in a day (April 19—20, 1955). Arrows show the time of drying (degree of desiccation is about 50%).

いことを述べた。このフクロフノリの放出時刻の変動は，第7図によつて示される様に，蔭干後の浸漬時刻が無乾燥区の放出最盛時刻より15～6時間前の間ではその後の放出最盛時刻までの時間は10～13時間であるという事実に関連がある様に考えられる。即ちフクロフノリの放出時刻は午後の干出時刻より約12時間後であると考えられるので丁度午前の干出と一致して，潮汐と共に変動するのではないかと思う。

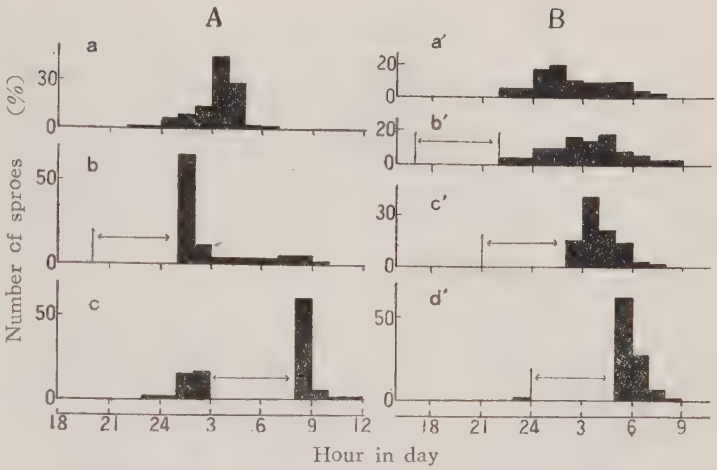


Fig. 6. Effect of varied degree of desiccation of drying to the shedding of tetraspores in *G. furcata*, expressed in per cent by number of spores counted in a day. In test A (May 19—20, 1955) degree of desiccation is 40 to 60%, and in test B (May 17—18, 1955) the same 0 to 10%, a and a' are the control experiment in respective test.

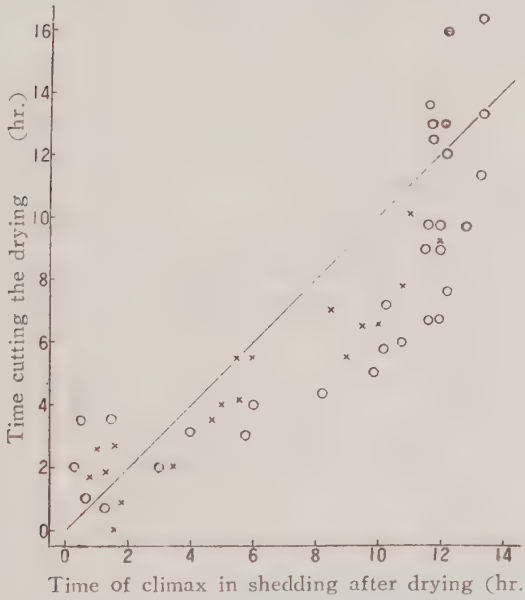


Fig. 7. Relation between the time when drying has finished (vertical axis), expressed by hours till the climax hour of the shedding in respective control, and the time of climax of the following shedding (horizontal axis), expressed by hours from the time cutting the drying, of the tetraspores in *G. furcata*. Solid line shows the relation between the both in the case supposed that drying, does not affect to the time of following shedding. Degree of desiccation is 30 to 60% in circles and 0—30% in crosses.

両種とも自然状態では干出後の冠水時（マフノリは主に午後，フクロフノリは午前）に胞子を放出するので外見上同じ放出機構を有する様に見えるが，これはマフノリでは放出時刻と干出時刻とが必ずしも一致しなくても干出によつて放出が誘発され易いため，フクロフノリでは放出時刻が干出時刻と一致して変動するためであると推察される。

次に，蔭干して放出時刻前に海水に戻した場合の放出の過程は乾燥度合によつて異なるが，放出時刻の終り頃に海水に浸した時には乾，湿何れの場合も短時間に多量の胞子を放出する。これは前者では誘発作用が主であるのに対し後者では放出の誘発と単なる抑制とが合する為で，特に乾燥度の低い場合は大部分抑制作用に原因しているものと思われる。従つて蔭干直後の放出量は蔭干時刻及びその時の乾燥度によつて異なつてくる。

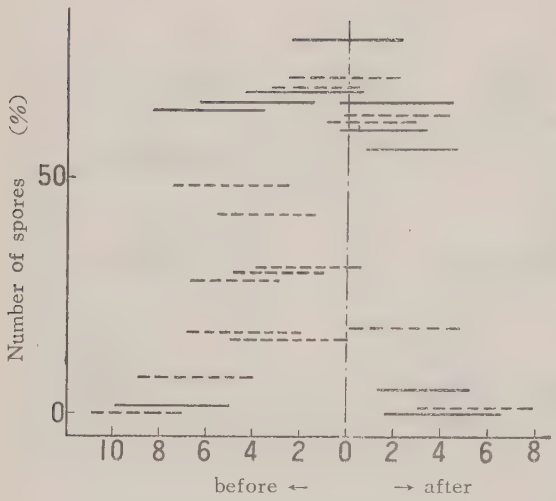


Fig. 8. Relation between the time of drying, expressed by hours before and after the time of the climax of the shedding in respective control, and the amount of tetraspores shed for 1 hour after immersion in sea water, expressed in per cent by number of spores counted in a day, in *G. furcata*. Solid lines show the time of drying in the case which degree of desiccation is 40—60%, broken lines the same of 0—30%.

なおマフノリの無乾燥区の放出時刻は5月中旬では第一図a_1，5月下旬では第2図aに示す様に3時前後より時期を追つて早くなり，6月中旬には第1図a_2の様に21時前後に変化する結果が得られている。

胞子の採取はフクロフノリでは午前，マフノリでは午後の間は容易であるが，これ以外の時刻に得るには蔭干時間を長くしなければならない。しかし蔭干時間を長くすれば胞子の附着力，発芽力等が衰えるので之について今後研究する必要がある。

摘　　要

マフノリ及びフクロフノリの放出時刻に及ぼす蔭干の影響並びに蔭干直後の放出について両種とも四分胞子を用いて室内で実験を行つた。

1．マフノリの胞子放出は蔭干によつて誘発され易く，その日に放出される胞子の一部又は大部が無乾燥の場合より6～12時間早く放出される。しかし無乾燥の程度での放出時刻の変動は小さい。放出の起るのは主として午後である。

2．フクロフノリでは蔭干直後に放出の見られるのは放出最盛時刻頃に蔭干した場合に限られるが蔭干直後に放出が見られない場合でもそれによつて次の放出時刻は変化する。対照区の放出最盛時刻より6時間前までに蔭干を終えた場合には，その後の放出最盛時刻は11～13時間後である。しかし放出の見られるのは午前に限られる様である。

3．蔭干直後の放出の過程は蔭干時刻及びその時の乾燥度によつて異なる。一般に藻体が乾燥している方が浸漬直後に多量の胞子を放出する。

4．胞子の採取はフクロフノリよりもマフノリの方が容易である様に思われる。

引　用　文　献

片田　実：1955．テングサ類の増殖に関する基礎的研究，農水講研報，**5**，1～87．

松井敏夫・安田　力：1955．マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について（I），農水講研報，**4**，245～251．

須藤俊造：1948．フノリの paraspore に就いて（海藻胞子附けの研究第三報），日水会誌，**14**，87～89．

：1949．フノリの胞子の放出，浮游及び着生（同第四報），日水会誌，**14**，184～188．

ACETYLCHOLINE(ACh) CYCLE IN THE ELECTRIC ORGAN OF FISH※

By

Seishi KUWABARA

1957

※Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 196

CONTENTS

INTRODUCTION 1
MATERIAL AND METHODS
I. DETERMINATION OF ACETYLCHOLINESTERASE ACTIVITY ... 5
A. Biological methods 5
B. Chemical methods 5
1. Titration methods 5
2. Manometric methods 7
3. Other methods 8
II. DETERMINATION OF ACETYLCHOLINE AND RELATED ESTERS 8
A. Reagents 8
B. Procedure 9
III. ASSAY METHOD OF CoA ACTIVITY 10
IV. PREPARATION OF ACETYL CoA 10
V. ASSAY OF THE REACTIONS MEDIATED BY CHOLINE ACETYLASE 10
VI. BUFFER SOLUTION 12
VII. SUBSTRATES 12
EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION 13
I. ELECTRIC FISH 13
A. A particulary favorable tool 13
B. The quantitative analysis of the substance 15
II. ACETYLCHOLINESTERASE IN THE ELECTRIC ORGAN 16
A. Historical note of cholinesterase 16
B. Preparation of enzyme solution 24
1. Slice and homogenized tissue 24
2. Cell free extract 25
C. Activity of acetylcholinesterase 26
1. Activity 26
2. Concentration and Distribution 29
3. Acetylcholinesterase activity in the caudal muscle 30
4. Effect of addition of energy source 31
D. Specificity 32
1. Acetylcholinesterase as function of enzyme concentration 32
2. Acetylcholinesterase as function of substrate concentration 33
E. Comparision of QACh value 36
F. Discussion 37

III. BIOSYNTHESIS OF ACETYLCHOLINE IN THE ELECTRIC ORGAN OF THE FISH 38
A. Preliminary aspect of acetyl-activator 39
B. Assay and distribution of CoA in the electric organ 42
1. Preparation of electric tissue extract 42
2. Preparation of aging extract 43
3. Determination of CoA 43
4. Assay procedure 43
5. Isolation of CoA from the electric tissue 44
C. Cholineacetylase 47
1. Preparation of cholineacetylase 48
2. Purification of cholineacetylase 49
3. Optimum condition to choline acetylating system 51
4. Problem on acetyl donor 52
D. Historical consideration of acetylation problem relating to acetylcholine synthesis 54
CONCLUSION 64
SUMMARY 68
BIBLIOGRAPHY 71

ACETYLCHOLINE (ACh) CYCLE IN THE ELECTRIC ORGAN OF FISH※

By

Seishi KUWABARA

INTRODUCTION

The electric signs of nervous and muscular action were for a century, the only manifestations studied by electrophysiologist. But function of a living cell cannot be conceived in purely physical terms. For a through understanding of the chemical of bioelectricity, a knowledge of the biochemical reactions involved is essential. Biophysics and biochemistry are concequently, of equal importance and inseparable in any attempt to solve the problem.

Ideas as to the mechanism of generation of bioelectric potential developed in latter part of the nineteenth century, when it became known that semipermeable membranes may develop strong electric potentials. Many physiochemists laid the groundwork for the so-called "membrane theory", of nerve impulse, best formulated by Bernstein and Tchermak early in this century. This theory is still the basis of all modern concepts of the mechanism of conduction of nerve impulse. It assumed that the nerve axon is surrounded by a polarized membrane with a positive charge on the outside and a negative on the inside. During activity, the charge is reversed at the point where the impulse passes. This reversal has been demonstrated by direct measurements across the membrane in experiments with the giant axon of the squid (Curtis, 1942 and Hodgkin, 1945). A flow of current is generated from the resting to the active region, and thereby the adjacent region is stimulated. There the same process is repeated, and in this way successive points of the surface are stimulated, and the nerve impulse is propagated by these small currents along the fiber.

There exists a considerable concentration gradient of sodium and potassium ions on the both sides of the membrane: the concentration of sodium is high in the outside fluid compared with its concentration on the inside; the reverse is true for potassium ions. There is a constant flow of ions across the membrane even in the resting condition. The equilibrium is dynamic. During activity it occurs a rapid influx of sodium and equivalent amount of potassium leaks to the outside. According to data obtained in Nachmansohn's laboratory, the amount of sodium which enters per square centimeter of surface per

※ Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 196

impulse is 4.5×10^{-12} mole, which is in close agreement with figures obtained by a group of investigators in Cambridge, England (Hodgkin and Huxley, 1947, 1950; Keynes, 1949, 1950).

Recent observations of Hodgkin and his associates suggest that the entrance of sodium into the axon occurs during the ascending phase of the potential, whereas potassium leaks out during the descending phase (Hodgkin and Huxley, 1950). Their results support the assumption that for at rest the permeability of the membrane is high for potassium ions, much higher than for sodium ions. During activity, however, membrane becomes more permeable to sodium ions, about 500 times more than in resting state, according to the estimates of Cambridge group (Hodgkin and Katz, 1949).

The investigations described support the view that the ionic concentration gradients are the source of the electromotive force of action potentials in nerve and muscle fibers. However, this raises the fundamental question as to the mechanism by which the potential source of electrical energy, inactive at rest, becomes suddenly effective. As to the question, Nachmansohn and his associates made the remarkable hypothesis that there must be "trigger" mechanism by which the protein membrane separating the ion species becomes suddenly more permeable, so that the ionic concentration gradient may become an effective force. Something must happen at successive points of the protein which rapidly opens and closes the barrier to the flow of ions. The most likely assumption to explain the transitory change of the protein membrane is that of an extremely rapid chemical reaction. This was postulated about 20 years ago by Meyer (1937), on the basis of experiments with protein films. He arrived at the definit conclusion that permeability changes can be excluded as the primary cause of the action current. They must be produced by chemical reactions. He postulated as the primary event in conduction the release of a cation which produces the permeability change.

The change in the resistance of the membrane was experimentally established by Cole and Curtis on the basis of measurements of impedance change (1939). They calculated that during the passage of impulse the resistance of the membrane decreases from about 1000 ohms to 40 ohms per sq. cm. moreover, the temperature coefficients, Q_{10} of both the rising and falling phases of the action potential are high, 2 for the first phase and 3.2 for the second phase (Hodgkin and Huxley, 1949). This further supports the assumption that the action potential is associated with chemical reactions.

Meyer proposed the first hypothesis concerning the nature of the process postulated that a chemical reaction must precede the permeability change. Membranes are formed by protein chains. Appearance of amino groups may increase cationic movements. The difficulty of identifing these reactions is

readily recognized if two features of this process are kept in mind: the high speed and the small amount of energy involved. The permeability change of the membrane reaches its peak within 100 μ sec. A chemical reaction responsible for this change must have comparable speed. According to the heat measurements of Hill and his associates, the heat released during nerve activity is of the same order of magnitude of 10^{-9} g.cal. per square centimeter per impulse. Therefore, the metabolism of the specific compound responsible for the permeability change must be exceedingly small.

Since early in the century, two substances have been recognized to be specifically associated with nerve function : adrenaline and acetylcholine (ACh). The hypothesis of neurohumoral transmission, suggested in 1904 by Elliott, was assumed that sympathetic nerve endings liberated adrenaline which then acted as chemical mediator of nerve impulse to the effector cells. A similar role was later attributed to ACh in the transmission of nerve impulses from parasympathetic nerve endings to effector cell on the bases of important observation on Hunt, Magnus, Loewi, Dale, and others. The hypothesis was based, as in case of the automatic nerves, essentially on two : (1) the powerful effect of ACh when applied to the junctions and strict limitation of the foci; (2) the appearance of ACh exclusively in perfusion fluid of the synaptic junctions following nerve stimulation.

Whereas the hypothesis of neurohumoral transmission appeared acceptable to most physiologist in the case of the autonomic nerve endings, the situation changed when Dale tried to extend his hypothesis to the transmission of nerve impulses across synapses and neuromuscular junctions. In this case the idea encountered a vigorous opposition from many physiologists. A major objection stressed by Fulton is the similarity of the existable properties of cell bodies and axons as revealed by electrical signs. This makes it difficult to assume basically different mechanisms for conduction and transmission. A similar view was expressed by Erlanger in 1939 in Toronto at a symposium on the synapse. Analyzing some of the so-called peculiarities attributed to the synapse, such as latency, one-way transmission, temporal summation and facilitation, and others, he pointed out that all these phenomena can be demonstrated on axons.

The idea of neurohumoral transmission appeared unsatisfactory in many respects. On the other hand, it seemed necessary to explain the findings on which the hypothesis was built and to offer an interpretation which would reconcile these findings with the conclusions based on the study of the chemical manifestations. In this impasse a new approach became necessary.

Nachmansohn's brilliant investigations have made it possible to integrate ACh into the metabolic pathways of the nerve cell, to establish the sequence

of energy transformations associated with the conduction of nerve impulse, and to correlate chemical processes with the electric potentials. The original hypothesis of neurohumoral transmission has been replaced by the new Nachmansohn's conceptual scheme which integrates physical and chemical findings and reconciles the seemingly contradictory observations (Nachmansohn, 1952, and Nachmansohn & Wilson, 1951). The hypothesis of "neurohumoral" transmission assumed that ACh was released from the nerve endings and acted upon the effector cell as a mediator. The roll of ACh was liberated exclusively to the synapse. According to new conceptual scheme the action of ACh is not an inter but an intra cellular process occurring within the conducting membrane. Its action is responsible for the alternations of the membrane leading to the increased ion permeability postulated by all modern theories of the impulse conduction. It forms an integral part of the elementary process by which bioelectric potentials are generated in the axon in the nerve terminal, and in the postsynaptic membrane. But the propagating agents along the axon and across the synapse are the electric currents.

It is obvious that the study of the chemical reactions connected with an event of this kind must offer even more serious difficulties. No adequate methods are available for directly determining chemical compounds appearing in such minute amounts and for such short period of time. There is, however, another possible approach. Nearly all chemical reactions in the living cell are effectivated by enzymes. The study of enzymes *in vitro* has elucidated many chemical reactions, known to occur in living cells, which could not be followed by direct chemical determination of the compounds metabolized. Especially for an event occuring with such a high speed as the propagation of the action potential, analysis of the enzyme systems involved appeared to be most promising approach.

Enzyme studies alone are, however, not sufficient for the elucidation of a biological mechanism, since there are so many simultaneous enzymatic reactions in the complex system of the living cell. The rise of dynamic biochemistry during last about 30 years, made possible a new approach to cellular function. Many complex intermediate reactions were analyzed and sequence of single steps was established. The most conspicuous example of such an approach is the development of muscle and nervous physiology. Through the pioneer work of Meyerhof, Hill, Lipmann, and Nachmansohn etc., many physical and chemical changes have been correlated, and our concept of the biochemical mechanism of electricity has, according to an expression of Nachmansohn, gone through a real "revolution".

It appears necessary to investigate the enzyme associated with the breakdown and synthesis of ACh, to establish the sequence of energy

transformation during the activity, to integrate ACh into the metabolic cycle of the electric tissue, and to correlate the chemical reactions with the electric manifestations.

MATERIAL AND METHODS

I. DETERMINATION OF ACETYLCHOLINESTERASE ACTIVITY

In the quantitative determination of acetylcholinesterase activity, the rate of hydrolysis of added ACh is measured. Formerly biological methods were chiefly used, but today chemical ones are more in favour. In the biological methods high enzyme and low substrate-concentrations are employed, whereas in the chemical ones the substrate is in excess and the enzyme in dilute solution. Because of these differences, comparable results are not obtained with the two methods (Mahal, 1938).

A. Biological methods

The evanescence of ACh is followed pharmacologically by measuring its action on isolated intestine (Abderhalden & Crivetz, 1926, Ajlmark & Kornerup, 1939) heart (Loewi & Navaratil, 1926, Plattner & Hintner, 1930. Helianer, 1936), frog muscle (Scheiner, 1936, Crivetz, 1945), leech muscle (Minz, 1932), frog rectus (Martini & Torda, 1937), or by measuring the blood pressure (Danielopolu & Popesco, 1946).

B. Chemical methods

1. Titration methods

The liberated acetic acid is titrated with an alkaline solution of known concentration.

i) Indicator methods. Various indicators have been recommended, e. g., phenolphthalein, phenol red, cresol red, or thymol blue. The method has been described by Renshaw & Bacon (1926), Stedman, Stedman, & Easson (1932) White (1933), Vahlquits (1935), Hall, & Lucas (1937), Roepke (1937), Pighini (1936), Ebaerhard, & Silverman (1939), Bovet & Santenoiss (1941), and others. In connection with enzymatic-histochemical investigations, a micro-titration method for assay of ChE has been described by Glick (1937, '38). Glick's method has been modified by Sawyer (1943). In using dyes as indicators, it is often very difficult to observe a clearly defined colour change. In addition, many other troublesome precautions must be observed, not the least being the possible influence of the indicator on the enzyme (cf. Bernheim

& Bernheim, 1939).

ii) Electrometric methods. A more convenient method than using indicators is to titrate electrometrically. It is advisable to use a quinhydrone electrode (Socoz & Cattaneo, 1937, Barbour & Dickerson, 1939), glass electrode (Glick, 1937, Alies & Haves, 1940, Sanz, 1944, Schummelfeder, 1947), or antimony electrode (Delaunois & Casier, 1946). Electrometric titration, details not given, was also employed by Gliman, Carlson, & Goodman (1939).

Estimations of enzymatic activity by biological assay for residual ACh ion in reaction mixtures have inherently low precision and are much more time-consuming and expensive than those depending on chemical methods. The eight chemical methods of enzyme assay which have been used depend on the fact that one of the products of the reaction is acetic acid. They differ in details of temperature, pH, and substrate kind and concentration, but have in common the fact that relatively high substrate concentration is necessary to provide sufficient acid on hydrolysis for chemical detection. Continuous titration, with a glass electrode-vacuum tube potentiometer sensitive to 0.01 pH unit, was selected as the chemical technique or the greatest precision, simplicity, and verstility, with least danger of interference from added reagents or manipulation. The titration volume was 25 ml. and standard substrate concentration was 0.160 M. The titration vessel was a jacketed gas tube paddle. Electrodes were immersed in the solution, their design and small size insuring their rapidly coming to temperature equilibrium and, the calomel half-cell liquid junction was then rinsed afresh to maintain the saturation of KCl solution.

After the warmed reagents were mixed, the pH was quickly adjusted and maintained within 0.10 unit by small additions of 0.02N NaOH from a 5 ml burette. Reading to the nearest second of time required for consumption of measured amounts of alkali furnished data from which total hydrolysis rates could be calculated. Readings were continued until the desired accuracy was obtained. Usually 10 to 20 minutes gave values duplicable within ±2 per cent. "Rates" were calculated as volumes of 0.0200N NaOH used in 20 minutes, in conformity with the Stedman procedure. The value, blank rate under standard conditions with ACh ion as substrate, was 0.085 ml. The iodides of ACh and its derivatives were used for preparing the substrate solutions, as they are stable and nonhygroscopic. In contradiction to the results of Roepke (1937), it was found by trial that iodide ion did not interfere. The 0.0200M stock of ACh iodide ordinarily used was adjusted to pH 4.0. The solution changes only just detectably at room temperature during a month, presumably by addition, since calculation by extrapolation from reaction rate constants measured at higher pH values indicated the hydrolysis due to OH-ion to be

less than 1 per cent per year at this pH and a temperature of 37°C.

2. Manometric method

i) Warburg method. The Warburg manometric method is the most convenient for following the hydrolysis of ACh, and it is also the most suitable for use in comparative and serial experiments. Ammon (1933) was the first to use this method in assaying ChE activity. The basis of the method is the manometric estimation of the volume of CO_2 evolved from a bicarbonate-containing system buffered against CO_2 by the acetic acid formed in the hydrolysis of ACh. This method is now used almost exculsively. The AChE activity was mainly measured by this method, in the modification used here, described by Augustinsson(1944). Conical flasks, each about 22—26 ml. in volume, with one side bulb were employed. The flask constants were determined by the calibration method using mercury. The manometers were filled with Brodie's solution, containing 23 g NaCl and 5 g sodium choleate in 500 ml water; a few drops of an alcoholic solution of thymol were added. The fluid was coloured with methyl red. The density of the solution is 1.034, and 10 000mm. Brodie corresponds approximate to 760 mmHg.

The flasks were carefully cleared; grease was removed with benzine. They were washed with water and placed in cleaning solution overnight. The cleaning solution was prepared by dissolving 50 g potassium dichromate in 35 ml hot water and adding conc. H_2SO_4 to 1 liter. Finally, the flasks were rinsed several times with distilled water and dried in drying chamber. The grease used in lubricating the joints was the admixture of anhydrous lanoline and waseline. The flasks and manometers were shaken at about 90 complete oscillations per minutes. The shaking amplitude was about 7cm. In most case, the temperature of the water thermostat was 37.5°± 0.05°C unless otherwise stated.

The volume of the reaction mixture has always been 2.00 ml. In the main compartment of the flask 1.60 ml of the substrate solution was placed and in the side bulb 0.40 ml of the enzyme solution or mixture of 0.20 ml of the enzyme solution and 0.20 ml. of the inhibitor solution. Substrate and enzyme preparations were dissolved in a KRB's solution. Substrate and enzyme preparations were kept in lower temperature before use. The hydrolysis carried out in the solution is not in equilibrium with at least 5 per cent CO_2, when the optimum conditions are changed and the evolution of CO_2 is disturbed. The solutions were saturated with the gas mixture and the flasks filled after they had been attached to the manometers. Before the enzyme solutions were mixed with the contents of the main portion of the flask the temperature equilibrium was attained by shaking in the water thermostat for about 15 minutes. The shaker was stopped. The first manometer was

read, lifted from its mount, the contents were mixed at zero time, and the manometer was placed back on its mount and the shaker started again. At one minute intervals the contents of the other flasks were similarly mixed. Usually, each series included six to eight experiments. Each manometer was read at six to ten minutes intervals, one minute between each manometer-reading. Readings were made continuously for 30—60 minutes.

The results were recorded in tabular form. And, the amount of CO_2 expressed in μl was plotted against time. The initial slope of the curve (in most cases a straight line), minus the slope of the curve for non-enzymatic hydrolysis was taken as an expression of the enzyme activity. The extrapolated 60 min. value, minus the amount of CO_2 evolved during the same time period by non-enzymatic hydrolysis, has been used as unit in expressing the esterase activity. One μl CO_2 corresponds to 8.1 μg ACh chloride, or 1.0 mg ACh chloride may estimate 123.5 μl CO_2.

ii) Barcroft differential method has been employed by Stedman (1939).

iii) Van Slyke method has been used by Rinkel & Pijoan (1938); it was employed in a modified form by Friend & Krayer (1941).

iv) Microchemical gasometric method. The principle of the Cartesian diver has been successfully applied to the study of the ChE activity by Linderstrm-Lang & Glick (1938).

3. Other methods

A step-photometric method, based on the ferric-chloride reaction of acetic acid, has been described by Abdon & Uvnas (1938). This method is one of those used by Ali (1940) and by Pirolli (1941). Another photometic method using *m*-nitrophenol as indicator has been evoked by Croxatto, Croxatto, & Huidobro (1939). An opalescence method was introduced by Gal (1940).

II. DETERMINATION OF ACh AND RELATED ESTERS

In spits of its physiological importance ACh has been determinable chemically only after isolation by time-consuming procedures. Of necessity workers in this field have reported to pharmacological bioassays whose specificity seems open to doubt. The finding that choline is readily acetylated by the action of coenzyme-linked enzyme in which ATP serves as an energy source (Nachmansohn, 1949) lends added interest to the development of adequate analytical procedures for ACh (Hestrin, 1949).

A. Reagents

(1) Hydroxylamine. Hydroxylamine hydrochloride, 2M, the solution should be stored in the cold.

(2) Acid. Concentrated hydrochloric acid, sp. gr. 1.18, diluted with 2 parts by volume of water.

(3) Alkali. Sodium hydroxide, 3.5N.

(4) Iron. Ferric chloride, 0.37 M, in hydrochloric acid 0.1N. As reagent iron, ferric chloride crystals, ($FeCl_2 \cdot 6H_2O$), of Merck & Co. was used.

(5) Standard solution. ACh chloride, 0.004 M, in sodium acetate solution, 0.001N, of pH 4.5. This standard may be kept in the refrigerator for a week without measurable loss.

B. Procedure

Alkaline hydroxylamine reagent is prepared freshly before use by mixing equal volumes of Reagents (1) and (3). The mixture keeps for about 3 hours at room temperature. Two ml of alkaline hydroxylamine reagent are added in a test-tube to 1.0 ml of the solution to be analyzed. After at least 1 minute or longer if desired, the pH is brought to 1.2 ± 0.2 with 1.0 ml of acid, and 1.0, of the iron solution is added. The density of the purple-brown color is prompt determined at 540 mμ. The formation of the bubbles of colorimeter cell is avoided if the mixture has been swirled adequately after the addition of each component. Solutions too dark to read are brought to suitable density by diluting with ferric chloride, 0.074M, in 0.1N hydrochloric acid. If the color reading is low, the analysis may be carried out on a larger ester aliquot with reagents of a suitably higher concentration. Correction for non-specific color is made by repeating the procedure as described, except that the order of addition of hydroxylamine, alkali, and acid is reversed. With this order of addition of the various components, esters do not form any hydroxamic acid. Protein in the sample analyzed is generally precipitated when the acid and iron additions are made and may be removed either by filtration or brief centrifugation. Formation of flocculent precipitate may be hastened by the addition of trichloroacetic acid. The extinction, after corrected for non-specific absorption, is converted to concentration with the help of a proportionality factor which is found by applying the same procedure to a standard solution. When buffer is present in the unknown, the strength of an added component should be adjusted to compensate for the effect of the buffer on the pH. If the ester sample contains iron-binding buffer salts, an increase in the iron concentration may be used to insure the maximum development of color. If necessary, a correction is applied for the effect of buffer salts on the optical density. In a case in which the color density of the blank is undesirably high, the efficiency of lower iron concentration or lower final pH than indicated as a means of reducing the relative color

density of the blank should be determined. The upper limit of measurement exceeds 5μM and the lower limit is about 0.04μM of ester per ml. of final solution.

III. ASSAY METHOD OF CoA ACTIVITY

CoA activity was measured by three assay methods; (1) the assay based on the acetylation of sulfanilamine by crude extracts of pigeon liver so-called the "crude" assay system, as described by Kaplan & Lipmann; (2) a "purified" assay system which is the same as the previous one except that enzyme system is fractionated with ammonium sulfate between 0.4 and 0.7 saturation (Kaplan & Lipmann, 1947); (3) the transacetylase assay which is based on the CoA-dependent arsenolytic decomposition of acetyl phosphate by the enzyme phosphotransacetylase from *Clostridium kluyveri* extracts (Stadtman, Novelli, & Lipmann, 1951). Inorganic phosphate was determined by the method of Fiske & Subbarow (1925), acetyl phosphate by method of Lipmann & Tuttle (1945), and CoA-bound pantothenate by the method of Novelli, Kaplan, & Lipmann (1949). Total adenosine, and free adenosine-5'-phosphoric acid were determined by the spectrophotometric method of Kalckar (1947) by specific enzymatic determination procedures. Protein was measured by TCA turbidimetric method of Bucher (1947).

IV. PREPARATION OF ACETYL CoA

Acyl coenzymes were prepared by adding the corresponding acid anhydrides to the coenzyme in slightly alkaline medium as described by Simon and Shemin. The amount of acyl CoA formed is determined by two methods: (A) the hydroxamic acid formation at neutral pH, at which presumably only the acyl group on the SH is tested, and (B), the nitroprussid test for free SH groups described below. The hydroxamic acid test was calibrated against ACh solution. According to both methods 95% to 100% of the CoA was acylated.

V. ASSAY OF THE REACTIONS MEDIATED BY CHOLINE ACETYLASE BY THE NITROPRUSSIDE TEST FOR FREE SH GROUPS

If the reaction mixture contains acetyl CoA and choline as substrates and choline acetylase as enzyme, the enzymatic activity may be tested either by bioassay of ACh formed, using the frog's rectus muscle, or determining the remaining acetyl CoA by the use of hydroxylamine in neutral solution or by determining the appearance of free SH groups of CoA. Of the two chemical

tests the latter is more sensitive and was used by adapting the method described by Grunert & Phillips to the Nachmansohn's special conditions.

The reaction mixture contained only acetyl CoA, choline and enzyme in buffer (0.1M K_2HPO_4 of pH 7). The total volume was 1.0 ml. An aliquot of this solution (0.2 ml) was added to 0.1 ml of 0.33 N HCl and 1.2 ml of saturated sodium chloride solution. Solid NaCl(0.2g) was added to keep the system saturated. Following the inaction of the enzyme, 0.1 ml of 0.03 N NaOH was added. The protein precipitate was removed by centrifugation; at this stage the mixture remains stable. An aliquot (0.8 ml) was used for spectrophotometric detremination. To the aliquot were added 0.1 ml of 0.067 M sodium nitroprusside and 0.1 ml of a solution containing 1.5 sodium carbonate and 0.067 M NaCl. The optical density was determined in the spectrophotometer at 520 mμ exactly 30 seconds after the addition of the base. To correct for slight current changes in the spectrophotometer control tubes containing saturated NaCl, the nirtoprusside and cyanide-carbonate reagents were tested between every 3 or 4 assays. If the assay mixture was not saturated with NaCl, a significant decrease in color was observed, whereas the presence of metaphosphoric acid was not found to be necessary for the experimental conditions used. There is a slight decrease in optical density if the phosphate concentration in the acid system exceeds 0.01 M, probably due to the effect of the buffer on the final pH, since the optimal pH of the colorimetric test is 10. The nitroprusside test was calibrated against standard glutathione solution under identical conditions and with the same constituents as in the tests themselves.

If the color developed per SH group is assumed to be the same in both cases, 1 mg of the Pabst CoA preparation would contain about 750 μg CoA, or close to 1 μM. In the calculations 1 mg of the CoA preparation was assumed to contain 1 μM. of CoA.

Acyl CoA breaks down at pH 10, liberating SH groups. There is, therefore, increase in colour between the reading of the time of addition of the alkali and 30 seconds later. This increase is proportional to the amount of acyl CoA present at the time of addition of alkali.

Since the quantitative measurement of ACh was based upon the appearance of mercaptan groups during the course of the reaction, it is necessary to establish the validity of the test. If, as is believed, the colour is produced by a complex involving the mercaptan, then the molar extinction coefficient should depend upon the precise nature of the mercaptan and colorimetric assay would require calibration with CoA. This latter procedure requires a sample of known composition and this was not readily available to us. However, it appeared likely that the molar extinction coefficient for glutathione might not differ greatly from that of CoA and could be used for the assys. Consistent by

measuring the acetylation in an independent way, namely by assaying for ACh directly: This latter comparison is necessary for establishing the validity of the method in general even aside from the question of extinction coefficients.

VI. BUFFER SOLUTION

In the most cases, the experiments have been carried out in Krebs Ringer Bicarbonate (KRB) solutions, the composition of which is given in Table 1.

Table 1. Composition of the bicarbonate krebs' solution (KRB)

Solution	% (w/v)	ml	molarity
NaCl	0.90	100	1.5×10^{-1}
KCl	1.15	4	
$CaCl_2$	1.22	3	
KH_2PO_4	2.11	1	
$MgSO_47HO_2$	3.82	1	
$NaHCO_3$*	1.30	21	0.4×10^{-1}
Total		130	

*$NaHCO_3$ solution saturated with N_2-CO_2 gas mixture, at pH 7.4

The solution, made by substances of the highest purity and distilled water, was used for dissolving the substrate. In some cases it was also employed in extracting the enzyme from the disintegrated tissue. Fresh KRB's solution shoul be always prepared before use, since the solution deteriorates if kept.

VII. SUBSTRATES

The substrates used are listed in Table 2, which show the abbreviations used in this paper and morecular weights of the various substances.

Table 2. Substrates

Substrate	Abbreviation	Formula	Mol. wt.
Acetylcholine chloride	ACh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COCH_3]Cl$	181.66
Acetylcholine bromide		$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COCH_3]Br$	226.12
Acetylcholine iodide	ICh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COCH_3]I$	273.13
dl-Acetyl- -methylcholine chloride (Mecholy)	MeCh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH(CH_3)\text{-}O\text{-}COCH_3]Cl$	195.69
Carbaminoylcholine chloride (Doryl, Lentin)	CbCh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}O\text{-}CONH_2]Cl$	182.65
Benzoylcholine chloride	BzCh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COC_6H_3]Cl$	243.73
N-Acetyl-*p*-amino benzoylcholine chloride	AAmB Ch	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COC_2HNH\text{-}COCH_3]Cl$	300.78
Salicylcholine chloride	SaCh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COC_6H_4OH]Cl\cdot H_2O$	277.74
Acetylsalicylcholine chloride	AsaCh	$[(CH_3)_3N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}COC_6H_4O\text{-}COCH_3]Cl$	301.77
Acetylaneurine chloride hydrochloride	AAn	$[C_{14}H_{19}O_2N_4S]Cl\cdot HCl$	379.31
Acetylsalicylic acid	ASa	$HOOC\text{-}C_6H_4\text{-}O\text{-}COCH_3$	180.15
Tributyrin	TB	$C_3H_5O_3(CO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3)_3$	302.36
Ethyl acetate	EA	$C_2H_5O\text{-}COCH_3$	88.10

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

I. ELECTRIC FISH

A. A Particularly favorable tool

Nature has created a model in which muscle fibers have lost their contractile elements and have kept as sole functional activity the conductive elements: the electric disc or electroplax of certain electric organ of fish. These tissues offer for many reasons a particularly favorable tool for the study of various physical and chemical factors underlying conduction. Although the electroplax represents more precisely a special kind of conducting muscle fibers, their study has much wider implications. If one believes in biochemical unity of life, these most powerful bioelectric generators, which nature has created, are a favorable material for studying physiochemical mechanisms of generation of bioelectric potentials in general.

Yet, it was in 1772 that Welsh demonstrated before the Royal Society of London that the powerful shock of certain fish, known since ancient times, is an electric discharge. It was the first demonstration of animal electricity, and attracted the attention of many physicists, like those of Cavendish, Farday, Davy, and others. When, however, the question was raised on the Galvani's experiments whether electricity plays an important role in nerve and muscle activity, the picture changed, and biologists too became interested in this fish. Galvani himself in the last year of his life worked on electric fish, and during the last century physiologist, especially DuBios-Reymond, investigated different aspects of the electric discharge in these fish.

The most important feature of electric organs is generally accepted as the nature of their activities is identical with action current of nerve and muscle. The cellular units of the electric tissue are the electric plates. Each plate develops during the discharge a potential difference of about 0.1 volt, which is of the same order of magnitude as that found in ordinary nerves. It is only the arrangement of these plates in series by which these organs are distinguished from ordinary nerves. The great differences of the total discharge in various species do not depend on the units, which show only relatively small variations, but on the shape and dimensions of these species.

The group of electric fishes comprises a number of very different varieties, both in fresh water and in marine: All of them possess special organ capable of producing transient electric discharges, which, in some species are quite weak, but in others, are powerful enough to give a severe shock. These organs vary

widely among the different species in their shape and size and in their position and orientation in body of the fish.

The arrangement of the electric disc has its highest geometrical regularity in the electric rays, *Torpedo* and *Narke*. In the electric organ of these genera, they are piled in columns, and average one of which contains about 300 electroplaxes in *Narke japonica*, consequently, the discharge is, on the average, 30 volts.

Each column extends from the ventral to dorsal surface of the body. A number of them, side by side, form each of the two electric organs, which lie in the disk-like body of the fish to right and left of body cavity, just outside the line of gill slits. In each organ, there are four hundred columns in *N. japonica*. During the discharge, the current transverses each organ in direction from its ventral to its dorsal face. Thus, the columns of electroplaxes discharge in parallel, while each column, the electroplaxes act in series. Other species in our country, though its electric activity is yet indistinct, *Rajidae* has been known as electric fish which holds an electric organ in its tail. Full detail observations of the electric organ of this fish will be published elswhere.

In species with the most powerful electric organ known, electric eel found in the Amazon river, several thausand plates are arranged in series from head to caudal end of the organ. Thus, the voltage of a discharge is, on the average, 400 to 600 volts. In *Gymnotorpedo oceidentalis*, another species first described by Storer (1849), 150 to 200 volts was measured by Amberson and Edwards.

It was shown by Babuchin, in 1870, that the electric organ has evolved phylogenetically from striated muscles. The only exception is possibly the organ of *Malapterurus*, the origin of which is doubtful. In strong electric organs the contactile elements have completely disappeared, but they exist as rudiments in the plates of weak electric organ.

The electric plates are therefore more exactly homologous, at least functionally, to the motor end plates. As has been described by several authors in the last century, the electrolemma surrounding the nerve ending in the electric organ shows, on side toward the cell interior, a very remarkable structure, formed by a layer of rods, the "palisades" of Remak. It has been shown that the postsynaptic membrane at the motor end plate has interesting similarities with the postsynaptic membrane surrounding the nerve endings in the electric tissue (Couteaux, 1947; Gresciteii, Koelle, & Gilman. 1946) The postsynaptic membrane surrounding the nervous terminal in the electric plate was able to demonstrate by using Janus green or methyl violet the existence of a very peculiar structure of sarcolemma surrounding

the nerve endings but separated from them by a layer of neurogia.

On the other hand, the observations of Gopfert and Schaefer (1937) and the work of Eccles and his associates (1946) have revealed the existence of a special end plate potential generated in postsynaptic membrane. Since the electric plates are homologous to the motor end plate the discharge in electric tissue must be considered more precisely as homologous to the end plate potential. This view finds strong support in the remakable similarities of the morphological correlation of these two potentials.

All the typical features of the discharge are the same as known from the action potential in neurophysiology; latency, duration of the discharge, and the refractory period are of the same order of magnitude as in the nerve action. A full description of earlier work can be found in many handbooks and textbooks (Rothenberg, 1928).

Krogh (1929) stated that nature has created quite a number of animals for special physiological problems. The electric tissue appears indeed to be most suitable material for correlating chemical reactions with electrical manifestations. The energy required for the propagation nerve impulse is extremely small. The initial heat per impulse is of the order of magnitude of 10^{-7} to 10^{-8} g-calorie.

It is therefore, in ordinary nerves, the electrical processes are on such a small scale and associated with such small amount of energy that the available methods are inadequated for studying the underlaying biochemical reaction. The electric tissue is magnificent tool for correlating metabolic reactions with the generation of bioelectricity.

In 1937, the electric tissue of *Electrophorus electricus* was introduced by Nachmansohn as material for the study or the role of ACh in the mechanism on nerve activity, especially in view of the homology with the neuromuscular junction. DuBois-Reymond who devoted several decades to investigation on electric fish, made in 1877 the following interesting statement: The unusual interest always aroused by electric fish has been still increased by the recognition that the property of these animals, long a matter of curiosity and amazement, is not something unique, but appears to be special application of a common feature, frequently encountered in animal kingdom. Since we have learned that all nerves and muscles of all animals are capable of electric effects, electric fish indeed lost somewhat of their wonder : but this may greatly contribute to the solution of great problems of the general physics of nerve and muscle.

B. The Quantitative analysis of the substances contained in the organ

In order to be acquainted with the quantities in the substances contained

in the electric organ, only a few samples had been examined, it is true, the quantitative analysis was pursued. Results obtained are in Table. 3. The existence of such concentration of the enzyme appeared particularly given

Table 3. Data of quantitative analysis of the substances contained in the electric organ of common ray.

Substance	Material	Quantities			Method
Sample No.		I	II	III	
water	tissue	92.8	92.1%		weight analysis
total N	homogenate			2.27mg	micro-Kjeldahl
non-protein N	supernatant			0.19mg	〃
protein				1.3%	calculated
sugar	supern.			0.94mg	Hagedorn-Jansen
creatinine alkaline	homog.			120	Jaffe
phosphatase	〃			35.8B.U.	Bodansky
NH_3	supern.			182γ	microdiffusion
P	ash	317	289γ		Gomori
total Ca	〃	752	790γ		Yanagisawa

significant in view of the high water (92%) and low protein (1—2%) of the organ. Such a results obtained in this analysis were very similar to that of the electric organ of the electric eel, *E. electricus* reported by Columbia group. During the transportation of the fish by land and sea, the sugar should be decomposed, whereas it was fairly analyzed. Therefore, it makes possible assumption that almost of them may be reductive substances other than the sugar.

II, ACETYLCHOLINESTERASE (AChE) IN THE ELECTRIC ORGAN OF THE FISH

A. Historical note of cholinesterase(ChE)

Interest in the group of enzymes now known as the cholinesterases may be said to have started in 1914 when Sir Henry Dale first suggested that the transient action of acetylcholine *in vivo* was probably due to its destrution by an esterase in the blood. Twelve years later, in 1926, Loewi & Navratil succeeded in demonstrating the presence of such an enzyme in tissue extracts, and in 1932 the term "choline-esterase" was introduced by Stedman, Stedman, & Easson to describe enzymes that hydrolyze acetylcholine. It soon became apparent, however, that the cholinesterases from different sources, and even from different tissues in the same animal, show striking differences in properties. Despite much work, the specificity of these and other esterases

remains an outstanding problem in this field, with which is linked the broader question of their physiological functions. Alles & Hawes (1940) demonstrated that the cholinesterase of human erythrocytes is much more active in hydrolyzing acetylcholine at low substrate concentrations than the enzyme in human plasma. They also described differences in substrate

Table 4. Various Vertebrate Tissues Investigated for their Cholinesterase Activity

Tissues (Animals)	ChE Activity	Type	Bibliography *
Heart	++	I	45, 15, 64, 63, 24
		II	70, 17
Lung	+		65, 24, 42, 41
Salivary glands	++	I	52, 64, 24,
	+++	II	
Saliva	−		65, 9,
Stomach (pig, frog)	++		20, 21, 26,
Gastric juice (man, rabbit)	−		9
Pancreas	++	I	65, 2, 18, 44, 47,
			64, 7,
	++	II	23,
Pancreatic juice	++	II	18,
Liver	+	I	65, 2, 29, 50, 14, 64, 28,
		II	18, 34,
Gall bladder, bile	+++		65, 38, 24,
Intestine	−		43, 65, 30, 24, 26, 12, 35,
Spleen	++	I	10, 47, 26,
		II	
Kidney	+	I	65, 51, 64. 24, 19, 40, 42,
	+	II	
Adrenal glands	++	I	65, 64, 24,
	+	II	
Bladder, ureters (calf)	++		16,
Urine(man)	−		65, 2,
Testis (man, pig)	−		24, 26,
Sperm, prostate, seminal vesicles (man)	+		77,
Spermatic fluid from shark (*Scyllium*)	+++		
Ovary, oviduct (man,pig)	+	I	36,
		II	24, 39, 40,
Uterus	+	I	
		II	65, 50, 24,
Placenta (man)	+		
Milk (cow)	−		62, 72,
Thyroid gland	+	I	65,
	++	II	65, 24, 23, 40,
Carotid body (cat)	+	I	53,
		II	
Thymus	+++	I	65, 24, 26, 40, 41,
Eye: various parts of			65, 24, 27, 56, 31, 4, 37,
Ear: perilymph (pigeon)	+		48,
Skin (man,cat)	+	I	71, 78,
Hibernating gland (cat)	+	I	68,
	++	II	68,
Red bone-marrow (cat)	+	I	
	+	II	

specificity between the cholinesterases in these two tissues, acetyl-α-methylcholine being hydrolysed by both enzymes, but acetyl-β—methylcholine only by the erythrocyte enzyme. Further differences in the specificity and kinetics of cholinesterases from different sources were described by Glick (1941), Richter, & Croft (1942) and Zeller & Bissegger (1943). Mendel and his colleagues in Toronto next proposed a classification of the cholinesterases into two main types, which they termed "true" and "pseudo" cholinesterase(Mendel & Rudney, 1943a). The "true" cholinesterase, present in erythrocytes and in the nervous system, was thought (i) to hydrolyze only choline esters, (ii) to be partially inhibited by high concentrations of acetylcholine, and (iii) to hydrolyze acetyl-β-methylcholine but not benzoylcholine; "pseudocholinesterase", present in the serum and the pancreas was thought (i) to hydrolyze both choline and non-choline esters, (ii) to show maximal activity at high acetylcholine concentrations, and (iii) to hydrolyze benzoylcholine but not acetyl-β-methylcholine.

Mendel's proposal of these two main types of cholinesterase received further support when the effect of inhibitors on cholinesterase activity was studied. Use had been made for many years of the inhibition of cholinesterase activity by eserine (Englehart & Loewi, 1930) and by prostigmine (Easson & Stedman, 1937), and, in general, these are highly effective inhibitors for most of the mammalian cholinesterases, irrespective of their type according to Mendel's classification. A large and rapidly growing series of compounds, however, is now known which selectively inhibit either true cholinesterase or the pseudo-cholinesterase. Among the earlier compounds to be studied, caffeine (Zeller & Bissegger, 1943), bis-β-chloroethyl-*N*-methylamine, or "nitrogen mustard" (Thompson, 1947 ; Adams & Thompson, 1948), and the synthetic prostigmine analogue Nu. 1250 (*N*-*p*-chlorophenyl-*N*-methylcarbamate of *m*-hydroxyphenyl-trimethylammonium bromide) are all selective inhibitors of the true cholinesterase. Percaine (Zeller & Bissegger, 1943), tri-*o*-cresyl phosphate (Mendel & Rudney, 1944 ; Earl & Thompson, 1952), di-isopropyl fluorophosphonate, or DFP (Mazur & Bodansky, 1946; Hawkins & Mendel, 1947) and another prostigmine analogue Nu. 683 (dimethylcarbamate of 2-hydroxy-5-phenylbenzyltrimethylammonium bromide) all selectively inhibit the pseudo-cholinesterase. Although tri-*o*-cresyl phosphate was first shown to inhibit horse serum cholinesterase by Bloch in 1941, the introduction of DFP, whose pharmacological action was described by Adrian, Feldberg, & Kilby (1947), together with the development of the alkylpolyphosphates and aryldialkylphosphates as insecticides, has led to the intensive study of the group of organo-phosphorus anticholinesterases.

Many of these compounds are highly effective in extremely low

concentration; for example, tetraethyl pyrophosphate (TEPP) is an effective inhibitor in concentrations as low as 10^{-10}M. They differ from eserine (Matthes, 1930) or prostigmine, in that they appear to inhibit cholinesterase irreversibly (Mackworth & Webb, 1948) by reacting stoicheiometrically with the active centres of the enzyme. It is thought that a phosphonium ion

Table 5. Characteristics of the Two Acetylcholine-Hydrolyzing Enzymes

Characteristics	ChE I	ChE II	Bibliography *
Nomenclature	Specific ChE "True ChE" "e—Type" Cholinesterase	Non-specific ChE "Pseudo—ChE" "s—Type" Unspecified esterase	25 46 79 58
General distribution	Erythrocytes, nerve tissues, thymus, etc.	Blood serum, pancreas, glands, etc.	3, 3, 4, 5
Optimum pH	7.5—8.0	8.5	1, 3, 4,
Isoelectric point	4.65—4.70 (erythrocytes)	4.36 (serum)	3, 5,
Permanence at different pH	less	more	3, 6,
Inhibition by excess of substrate	+	—	1, 53, 38,
Activation by NaCl	+	—	57, 3, 1, cf, 22, 55,
Hydrolysis of :			
tributyrin	—	+	76, 53,
acetyl- methy-Ch	+	—	49, 75,
benzoyl-Ch	—	+	54, 1,
phenylacety-Ch	—	+	66,
acetoacetyl-Ch	—	+	11,
Inhibition by:			
quaternary N-bases	+ +	+	67, cf, 13,
tertiary N-bases	+	+ +	67, 13,
dimethylcarbamate of 2-hydroxy 5 phenyl-benzyl-trimethyl-ammonium bromide	—	+	32,
caffeine	+ +	—	53, 59, 13,
percaine, irgamid	+	+ +	53, 13,
priscol	+ +	+	69,
privine	+	+ +	69,
quinine	+	+ +	60,
intocostrin (curare)	+	+ +	
paludrine	+	+ +	8,
di-*iso*propyl fluorophosphate (DFP)	+	+ +	73, 74, 61,

$[(RO)_2PO]^+$ is split off, and that this then combines irreversibly with part of the active centre.

The cholinesterase itself catalyzes the formation of the ion which ultimately destroys its activity; as Whittaker (1951) has put it, the enzyme "commits suicide". The kinetics of the inhibition has been studied in detail by Aldridge (1950), who believes that two reactions take place:

$$E + I \rightleftharpoons EI \rightarrow EI'$$

first, the formation of a dissociable enzyme-inhibitor complex, EI, which then undergoes a monomolecular transformation into an undissociable complex, EI'. Although Mendel's division of these esterases into the two types, true and pseudocholinesterase, has been of great value in that, in many cases, it allowed a greater precision in the definition of the enzyme concerned in acetylcholine hydrolysis in a given tissue, more recent work has shown that there are certainly more than two types of cholinesterase, as judged by the criteria usually employed in defining the true and pseudo types. For example, it soon became clear that many so-called true cholinesterases (or "specific" according to the nomenclature reported by Nachmansohn & Rothenberg, 1945) hydrolyze triacetin more rapidly than acetylcholine, and that this triacetin hydrolysis is highly sensitive to anticholinesterases and is present in preparations freed from aliesterase (Mazur & Bodansky, 1946; Holton, 1948: Blaschko & Holton, 1949). Cholinesterases that do not fulfil the original criteria regarding activity towards "selective" substrates have also been described. Thus, swine serum contains a cholinesterase which hydrolyzes neither acetyl-β-methylcholine nor benzoylcholine (Levine & Suran, 1950), while chicken serum cholinesterase hydrolyzes both of these so-called selective substrates at quite rapid rates (Earl & Thompson, 1952).

In view of these findings, Adams and Whittaker in 1948 commenced a systematic survey of the substrate specificity of partially purified true and pseudo-cholinesterase. They confirmed the earlier claims that true or "specific" cholinesterases are capable of hydrolyzing many non-choline esters. Their study of the effect of variations in the number of carbon atoms in the acetyl group of the esters yielded some interesting results ; they found that, both for choline esters and for aliphatic esters, the true cholinesterase hydrolyzes acetates more rapidly than propionates, and butyrates only very slowly indeed (Adams & Whittaker, 1949a); with pseudocholinesterase, on the other hand, butyrates are hydrolyzed faster than propionates, and acetates more slowly still (Adams & Whittaker, 1949b). Changes in the configuration of the alkyl group of the ester molecule were also of interest, in that 3 : 3—dimethylbutyl acetate, the carbon analogue of acetylcholine was hydrolyzed very much more rapidly than the other esters studied, both by true and pseudo-cholinesterases. Thus, both types of enzyme are "unspecific" (Nachmansohn & Rothenberg, 1945) in that they both hydrolyze non-choline esters, although with both enzymes there is a marked preference for those aliphatic substrates which approach most closely the configurations of choline esters. The idea that pseudo-cholinesterases are less specific than true cholinesterases therefore receives no support from these studies. On the basis of their findings Adams and Whittaker proposed a classification of these enzymes according to the acyl

group in the substrate molecule optimal for their activity, true cholinesterase being "aceto-cholinesterase" and the pseudo type "butyle-cholinesterase". Unfortunately, when a wider range of animal species is studied, it becomes clear that the cholinesterases cannot be divided into only two types on a basis of substrate specificity, since Ord & Thompson (1951) have shown that the optimal acyl group for the cholinesterase of rat heart is propionyl, though it would seem from inhibitor studies that this enzyme is a pseudo-cholinesterase.

Despite the criticisms that have been levelled at Mendel's original classification, a case can still be made out for retaining the terms true and pseudo-cholinesterase, particularly if the criteria for classification are relative sensitivities to inhibition by selective inhibitors as well as substrate specificity.

In recent years considerable information has been obtained concerning the distribution and localization of true and pseudo-cholinesterases in different tissues.

The erythrocytes of certain species and the brain had early been recognized as containing the true cholinesterase (Mendel & Rudney, 1943 ; Nachmansohn & Rothenberg, 1945). Pseudo-cholinesterase, which had been studied chiefly as a plasma enzyme, was next shown to be present in the pancreas (Mendel & Mundell, 1943); and Langemann (1944) found it also in human ovary, in contrast to human skeletal muscle, which contains only the true enzyme. The peripheral nerves of the cat, and the liver and certain glandular structures in the rat, were also shown to hydrolyze benzoylcholine (Sawyer & Hollinshead, 1945; Sawyer & Everett, 1947).

A more detailed study of the distribution of cholinesterase types in rat tissues was carried out by Ord & Thompson (1950), who were able to detect significant amounts of pseudo-cholinesterase in all the tissues studied except skeletal muscle. It appeared from their work that rat tissues could be classified into three groups.

Group A. Tissues containing largely or entirely the true cholinesterase—brain, skeletal muscle, and the adrenal glands.

Group B. Tissues containing both enzymes in amounts such that acetyl-methlcholine and benzoylcholine are hydrolyzed at about the same rate—stomach, liver, lung, and salivary gland.

Group C. Tissues containing chiefly pseudo-cholinesterase—heart, intestinal muscle and mucosa, harderian gland and skin

The pseudo-cholinesterase contents of the heart (both auricle and ventricle) and intestine were strikingly high. In the rat therefore it would appear that those tissues in which acetylcholine exerts a nicotine-like (*i. e.*,

it is concerned with transmission to another neurone or to a striated muscle cell) contain chiefly the true cholinesterase, while those in which it exerts a musculine like action (Brown, 1937) contain very largely the pseudo-cholinesterase; whether this apparent correlation is of physiological significance, however, is not yet known, and much more work is needed in other species before any final conclusion can be drawn. Koelle (1950), using a histochemical technique, has studied the distribution in the cat, and has found that pseudo-cholinesterase predominates in the liver and in the ileum. That pseudo-cholinesterase may be actively secreted by glands is suggested by the work of McCance *et al.* (1951), who have claimed that dog pancreatic juice and pig parotid saliva are rich in this enzyme.

True cholinesterase, although most plentiful in nerve and striated muscle, is not confined to these tissues. It is of interest that it is the chief cholinesterase perfused, blood-free placenta (Ord & Thompson, 1950b), since this tissue is usually regarded as being devoid of nerves. Turning to the nervous system, which Nachmansohn (1939) had studied in some detail as regards acetylcholine hydrolysis, it was concluded both by Mendel & Rudney (1943b) and by Nachmansohn & Rothenberg (1944) that brain contains only the true or "specific" cholinesterase. More recently it has been reported from a number of laboratories that brain hydrolyzes benzoylcholine, although at a relatively low rate (Augustinsson, 1948; Ord & Thompson, 1950). More detailed studies of different areas of the brain have been carried out by Burgen & Chipman (1951) and Ord & Thompson (1952), and it is now known that pseudo-cholinesterase is widely distributed in the central nervous system and that it appears to be particularly associated with the myelinated fibre tracts. In this connexion it is of interest that Koelle (1950) has shown the presence of pseudo-cholinesterase in glial cells and in the Schwann cells of myelinated nerves.

The effects proceed *in vivo* by inhibition of the cholinesterases have been extensively studied in connexion with the pharmacology of the new organo-phosphorus anticholine esterases. To take DFP as an example of these compounds, the effects produced by its administration to animals can in the main be interpreted as resulting from an accumulation of acetylcholine due to inhibition of cholinesterase. Thus, lacrimation and profuse salivation occur ; the sweat glands are stimulated, even after the rapeutic doses of DFP (Grob *et al.* 1947b ; Harvey *et al.* 1947); there is an incerase in the tone and motility of the musculature of the gastrointestinal tract (Modell *et al.* 1946; Grob, Lilienthal, & Harvey, 1947) ; in the lungs there is constriction of bronchial muscles and increased secretion of bronchial glands (Green, McKay & Krop, 1947), while with large doses of DFP there is a progressive fall of blood pressure.

In the eye an intense miosis is produced which may persist for weeks; application of DFP to the chronically denervated pupil, however, is not followed by constriction (Leopold & Comroe, 1946). In autonomic ganglia and neuromuscular junctions, the facilitating effects which are produced are also in accord with an inhibition of cholinesterase at these sites.

It has been repeatedly observed that a very considerable inhibition, of the order 80% of the true cholinesterase of the nervous system must be present before any abnormal signs develop which might be attributable to acetylcholine accumulation (Mazur & Bodansky, 1946; Koelle & Gilman, 1946; Nachmansohn & Feld, 1947). In the case of the pseudo-cholinesterase the level of this enzyme in the serum can be reduced almost to zero without the development of abnormal signs or symptoms (Mazur & Bodansky, 1946).

It is when we turn to considering the possible roles played by the cholinesterases inside the body that the suitability of the names true and pseudo-cholinesterase, in the light of our present knowledge concerning these enzymes, becomes apparent. For, although we have,on the whole, good evidence relating the true cholinesterase of synapses and neuromuscular junctions to the inactivation of physiologically released acetylcholine, the function of the pseudo-cholinesterase remains obscure, and much of the experimental evidence is interpreted by some workers in the field as arguing against any participation of this enzyme in acetylcholine metabolism at any rate in the brain.

With regard to the true cholinesterase, Nachmansohn and his collaborators (Bullock *et al.* 1947) have put forward a more comprehensive theory of its function in transmisson processes by suggesting that acetylcholine (and cholinesterase) is concerned also with conduction along the nerve fibre. This theory has, however, been extensively criticized.

It would certainly seem that, as pointed out above, no sign that could be referred to acetylcholine accumulation develop when the pseudo-cholinesterase of the plasma is virtually completely inactivated, and Hawkins & Gunter (1946) have claimed that this is so when the level of this enzyme in the pancreas and in the superior cervical ganglia is inhibited to the extent of 80—90%. On the other hand, it has recently been shown that certain late changes (demyelination of peripheral nerves and of certain tracts in the cord) can, under suitable conditions, be produced by certain selective inhibitors of pseudo-cholinesterase, including tri-*o*-cresyl phosphate, and that the level of the pseudo-cholinesterase in the spinal cord is profoundly lowered prior to the onset of the demyelination (Earl & Thompson, 1952). It cannot be concluded, however, that the demyelination is the result of this enzyme inhibition. Although it is known that, in the hen, DFP and bis (isopropylamino) fluorophosphine oxide can

cause demyelination, other organo-phosphorus anticholinesterases do not, even although considerable inhibition of pseudo-cholinesterase in the spinal cord is produced in animals poisoned by them (Thompson & Webster, unpublished). Further, there is evidence that, in the rat, inactivation of pseudo-cholinesterase by tri-*o*-cresyl phosphate in the central nervous system is not accompanied by any structure of functional changes

It has been proposed that pseudo-cholinesterase may act by supplementing the action of the true enzyme, since Koelle & Friedenwald (1950) have found that concentrations of DFP which have little effect on the true cholinesterase, but which cause a marked fall in pseudo-cholinesterase activity, produce an increase in the tone and motility of the cat's ileum. Feldberg (1950) has concluded that the acetylcholine metabolism of the intestine is in part independent of nervous activity and has suggested that it may be responsible for stimulating the spontaneous contractions of the intestinal wall and the secretion of the succus entericus; it is possible that the pseudo-cholinesterase, which is present in such high concentions in the wall of the intestine, may be concerned with such local actions.

Other observations, such as the rise in the level of pseudocholinesterase in the liver and in the plasma in animals fed on hypolipotrophic diets, and the return to normal on adding supplements of lipotrophic substances (Hawkins & Nishikawara, 1651), the fall in the level of the plasma cholinesterase in liver disease (Antopol, Tuchman, & Schifrin, 1937; McArdle, 1940) and in malnutrition (McCance, Widdowson, & Hutchinson, 1948; Waterlow, 1950; Hutchinson, McCance & Widdowson, 1951), together with the changes that have been reported in thyrotoxicosis (Antopol *et al.* 1937) and in alloxan diabetes (Saviano, Balbi, & De Francis, 1948), cannot at present be interpreted with anything but the utmost reserve, although certain of them suggest that the pseudocholinesterase in liver might be concerned with some aspect of choline or lipoid metabolism.

B. Preparation of enzyme solution from the electric organ

Electric organs are a suitable material for the preparation of active enzyme solutions, owing to the great amount of enzyme present and the low protein content. Very active solutions were obtained from the electric organ of *Narke japonica* and *Raja pulchra* respectively.

1. Slice and homogenized electric tissue

At first, the fresh electric organ of *R. pulchra* cut from the tail as soon as possible at low temperature (5°C), was washed and soaked with KRB's solution. Then one of the sample was used as a slice of electric tissue and cut about 0.2mm thick with the glass slicer, the other was used as its homogenized tissue:

0.5 mg of the tissue-piece in wet weight was grinded with the glass homogenizer of Potter-Elvehjem type. Although the pieces of tissue taken for grinding were small, the suspension had to be diluted to a large volume with KRB's solution, and the 3 ml put into Warburg vessel were only a small fraction of the total suspension. For instance, 3 ml of the suspension prepared from pieces of the electric tissue contained only 0.5 mg. fresh tissue. The Wet W. given in table indicates the fresh weight of tissue ground. As the amount account actually put into the vessels was approximately the same in each series of experiments, that for each determination is not specified separately but is indicated only for each table. The balance used permits rapid and precise weighting which is necessary for such small amount of fresh tissue.

2. Cell-free extract

Fresh electric tissue of *N. japonica* and *R. pulchra* has been used generally. The tissues were carefully washed with KRB's solutions and minced with an automatic machine. In a mortar 5 to 25g. was taken up with twice or four times as much KRB's solution. The mixture was shaken in shaking machine for half an hour, centrifuged at a constant speed of 3000 R. P. M., and fluid decanted. Very different time-intervals were needed to produce as clear a fluid as possible. The buffered suspensions were kept in two or three days. The activity of these tissue suspensions were generally not changed remakably during two weeks, during which time all investigations were performed. Purification of the enzyme solution ; — the enzyme extracted from the electric organ of the fish, *N. japonica* and *Raja* sp. has been purified by fractional ammonium sulfate precipitation. After the ground tissue had been centrifuged and supernatant fluid removed 250 ml of 50 per cent ammonium sulfate solution were added to the extract tissue. The pH of this solution is lowered to about 4.5, when the enzyme is separated from the greater part of the albumins which are precipitated. AChE is then precipitated by increasing the salt concentrations to 70 per cent. The precipitate is dissolved in distilled water and the fluid dialyzed in collodion membranes against distilled water. The preparations thus obtained had been purified 20—25 times and yield was about 50 per cent.

The nitrogen contents of the enzyme solution has been determined by micro-Kjeldahl method and protein constitutes calculated. To 1 ml of the enzyme solution in a 3 ml centrifuge tube there was added 1 ml of 40 per cent trichloracetic acid. After 24 hours the precipitate was centrifuged for 30 minutes in a centrifuge at a rate of 4000 R. P. M. The precipitate was washed three times with distilled water. The centrifuged tube was put into a drying oven at 105°C, for several hours and the weight was then determined.

Table 6. Relationship between purification of acetylcholinesterase and its activity

preparation	activity*
Slice	40— 80
Homogenate	45— 80
Cell free extract	90—150
1st Amm. sulfate	200—300
2nd Amm. sulfate	300 -500

* ACh hydrolyzed mg/mg. protein/hr.

C. Activity of Acetylcholinesterase(AChE)in the electric organ of fish

1. Activity

In earier investigation, activities of AChE estimated with enzyme preparation from slice or homogenized electric tissue of *Raja pulchra*. The values obtained are given in Table 7 and 8. The electric slice is capable of hydrolyzing

Table 7. Acetylcholinesterase Activity in the Electric Organ of Common ray

Sample	Wet W. (mg)	Dry W. (mg)	CO_2 (μl/hr)	QACh (Wet)	QACh (Dry)
Slice	93	4.3	813.0	63.7	137.8
〃	46	2.3	421.5	66.4	133.5
〃	21	1.7	232.8	81.2	99.7
Homogenate	50	—	436.0	63.5	—
〃	50	—	454.0	66.1	—

amount of ACh ranking usually 70 —150 mg/g. fresh tissue/hour or 1400 mg/g. dry tissue/hour.* Namely the electric tissue can split as amount of ACh equivalent to 1—1.5 times as their own weight for 60 minutes. The same strong activity also obtained with its homogenized tissue. There is no difference in their activity between slice and homogenate as shown in Table 7. In spite of getting more enzyme activity with certain homogenized nervous tissue than that of the slice no different activity with both preparation of this tissue has been obtained. This is in close agreement with AChE activity of boar spermatozoa reported by Sekine (1953). The boar spermatozoa is capable of

* Nachmansohn's/Q and A. A very useful unit of the cholinesterase (ChE) activity is Nachmansohn's Q (Nachmansohn and Ledêrer, 1936). This is mg. ACh hydrolyzed in 60 min. by 100 mg. tissue at 20°C. In later investigation Rothenberg and Nachmansohn (1947) have used A or mg. ACh hydrolyzed in 60 min. by 1 mg. protein Johnes & Tod (1935) assigned ml CO_2 evolved per min. by the effect of serum. Otherwise, the ChE activity is expressed as volume of CO_2 in μl. evolved in 60 min., or sometimes as the quantity of ACh in μM hydrolyzed during the same period. In this paper, AChE activity is usually symbolized by QACh which represents mg. ACh hydrolyzed per g. wet weight, dry weight and mg protein per hour at 37.5°C.

hydrolyzing amount of 70—80 mg ACh/g./hr., which is of the same order of magunitude as that estimated previously for some mammalian brains.

Table 8. Acetylcholinesterase Activity in the Slice and Homogenized electric Tissue of Common ray, *Raja pulchra Liu.* (Conditions: substrate. 0.01M ACh; gas, 95% N_2 and 5% CO_2)

Material	No.	Wet weight (mg)	Dry Weight (mg)	CO_2 output per hr (μl)	QACh (wet)	QACh (ave.)	QACh (dry)
SLICE	1	93	4.3	924	72	71	1,480
		46	2.3	442	70		
	2	46	4.2	1098	173	165	1,610
		39	4.5	727	156		
	3	53	4.2	912	125	127	1,180
		51	4.6	900	128		
	4	48	4.7	1050	159	153	1,480
		46	4.0	930	147		
Average							1,440
HOMOG.	5	50		666	97	99	
	6	50		684	100		
	7	90		642		52	
		90		1248		101	

Therefore, activity of AChE in the electric organ of the skate fish is more than 20 times as higher as those of brain and spermatozoa. Centrifuging 5 per cent homogenized electric tissue at a rate of 3000 R. P. M. for 10 minutes under low temperature (about 5° C), clear supernatant fluid was obtained. The results obtained are given in Table 9. This preparation splits 100—170 mg ACh/g. fresh

Table 9. Extraction of Acetylcholinesterase from the Homogenized Electric tissue of Common ray, *R. pulchra.*

Sample	Wet weight (mg)	CO_2 (μl/30 min.)	CO_2 (μl/mg/hr)
Homog.	50	237	8.90
Super.	40	145	7.23

Enzyme activity is represented μl CO_2 evolved per 100 mg wet tissue per 30 min. or 60 min. respectively. Homog. : 5% homogenized electric tissue with KRB's solution. Super. : cell free extract of 5% homogenized electric tissue centrifuged at a rate of 3000 R. P. M. for 10 min.

tissue/hr. The values show that the most of the enzymatic activity about 80 per cent may transmit to supernatant in the centrifuge of 5 per cent homogenate at a rate of 3000 R. P. M. Therefore, the ratio of the enzyme extraction is shown as the following table (Table 10).

Recently very active solutions were obtained from the electric organ of Japanese electric ray, *Narke japonica* with the powerful electric one.

Table 10. Rate of extraction of Acetylcholinesterase in the Electric Organ of Common Ray, *R. pulchra*.

Material No.	Homogenate Activity (ave)	Supernatant Activity (ave.)	Extraction (%)
1	225	178	79.2
2	119	99.3	83.4
3	231	116	71.8
Average			78.1

Activity represents μl CO_2 evolved per 100 mg wet tissue per 10 min. Homogenate: 10% homogenized electric tissue with KRB's solution. Supernatant: supernatant of 10% homogenized electric tissue centrifuged at a rate of 3000 R. P. M. for 10 min.

It appeared interesting to compare the solutions which can be obtained from the electric organ of the electric ray with those of common ray, *Rajidae*. The preparation was carried out in the same way from the electric organ of *Rajidae*: about 500 mg of organ from the common ray were minced with an automatic machine. The minced tissue was ground with silicate and centrifuged for 30 minutes, about 500 ml clear supernatant fluid were obtained. One ml of this preparation split 325 mg, ACh in 60 minutes. The protein content was 13.6 mg per ml. One ml protein split therefore 25 mg ACh in 60 minutes.

In the preparations obtained in the same way from electric organ of *Narke japonica* 1 ml of the solution split 400—1500 mg ACh in 60 minutes; 1 mg protein split 100—200 mg. ACh per hour. After the ground tissue had been centrifuged and supernatant fluid removed 250 ml of 50 per cent ammonium sulfate solution were added to extract tissue. The tissue was ground again and

Table 11. Comparison with Acetylcholinesterase obtained from both Electric Organ of electric Ray and common Ray.

Fish	ACh hydrolyzed mg/mg. protein/hr	
	Cell-free extract	50% Amm. sulfate
Raja pulchra	23— 30	60—100
Raja tengu	40— 80	105—130
Narke japonica	100—200	200—300

centrifuged. The solution obtained in this way is more active per protein unit : 1 ml split 460 mg. ACh per hour and contained 3.85 mg. protein. One mg protein split therefore 130 mg ACh per hour. But solution prepared in this way from electric organ of *N. japonica* was also more active per protein unit :

1 mg protein hydrolyzed 2—300 mg ACh per hour. The electric organ of *N. japonica* appeared therefore to be more suitable material for the preparation of enzyme solution than that of *Raja*.

2. Concentration and Distribution

In addition to the high rate of its hydrolytic action, the enzyme must be present in concentrations adequate to account for significant amount of ACh split per unit time and unit tissue. Whatever the speed of the reaction, a very low concentration of the enzyme in muscle and nerve tissue would be prohibited before the assumption of its playing an essential role. Extensive studies on the concentration and distribution of AChE in electric tissue have been shown that the enzyme is not evenly distributed. Pieces of the slice were taken with the slicer successively at five positions from top to distal end of the organ, and activity of AChE was determined. The results obtained are given in Table 12.

Table 12. Activities of Acetylcholinesterase in slice of the Electric Organ of Common Ray, *Raja tengu*, taken successively from the top to distal end.
(Each value was determined on average of five cases)

D (cm)	Ww (mg)	Wd (mg)	CO_2 out put per hr. (μl)	QACh
1	30	4.0	708	1,439
5	35	3.5	583	894
10	50	4.0	268	544
15	50	4.1	255	413
20	53	4.0	140	277
Average				713

Length of fish 85.0cm. Length of the electric organ 21.5cm. D: distance of section from the top of the organ in cm, Ww: mg. wet weight of slice, Wd: mg. dry weight of slice, QACh: mg. ACh hydrolyzed per mg. dry weight per hour

The highest activities of AChE are found in the region near the head end of the organ; it decreases continuously towards the caudal end. The results obtained in this experiments are in close agreement with figures obtained by a group of investigators in Columbia, New York.

As described previously (1955), the electric organ of the skate fish was microscopically observed consisting of five functional components of which electric plate, striated and alveolar layers were regarded as an electric disc. The electric plates are made of layer of protoplasm, containing numerous nerves which divide dichotomously as they pass backwards through a suporting connective tissue framework. Therefore, the greatest activities of AChE should be presumably at the electric plate which is at the innervated side of the disc. In order to get more information about the variations which may occur in a given piece due to uneven distribution of innervated surface, activities of AChE was

Table 13. Activities of Acetylcholinesterase in successive Slice of piece of the Electric Organ of Common Ray, *Raja tengu* at distance of 5 cm from top of the organ. About 100μ thickness of slice was prepared with the glass slicer.
(Each value was determined on average of five cases)

Slice No.	Wet Weight (mg)	Dry Weight (mg)	CO_2 output per hr. (μl)	QACh (dry)
1	84	4.1	589	1,163
2	60	4.0	489	933
3	60	4.0	581	1,220
4	70	4.2	542	1,057
5	65	4.0	600	1,214
Average				1,347

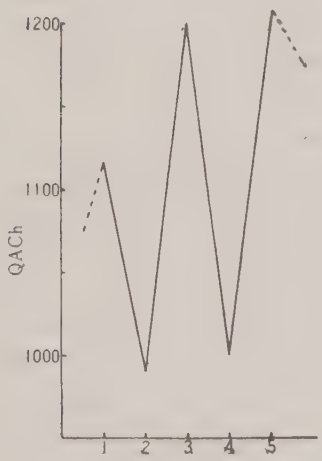


Fig. 1. Activity of Acetylcholinesterase in succesive Slice of piece of the Electric Organ of *Raja tengu* on the distance of 5cm from top of the organ. About 100 μ in the thickness of slices was prepared with glass slicer. Abscissae : QACh value, Ordinates: Number of the successive slice. (Each value was determined on average of five cases)

determined in successive slice of pieces of the electric tissue cut into about 100 μ thick with slicer at lower temperature. Pieces were taken at distance of about 5 cm from the top of the organ. The values obtained as shown in Table 13 and Fig. 1 were great varied from one slice to another in regular rhythm. It makes assumption that this rhythmical change is not incidental but should be corresponded to rhythmical change in active surface of the electric plate.

3. AChE activity in the caudal muscle connected with the electric organ

It is not too much to say that the electric organ of the common skate occupies the most parts of the tail which is short or large, so its tail itself is an electric organ.

Since the time that Ewalt studied the ontogenetical developments of the electric organ of *Raja batis* there has been no doubt at the genetic relation between the two tissues, the organ and the *dorso-lateral* muscle of the tail. Especially the skate fish which is known as the fish with weak electric power in which the disc retains the striated layer of their muscle characteristics even when the formation is perfect.

As described previously, the lateral muscle should be transformed into the electric organ of the common skate. It was thought possible that AChE of the lateral muscle at the just front of the electric organ might be higher than that of

ventral- and *dorsal*-muscles located at the same portion. Therefore, AChE activities were determined in a few samples of the muscle at just front of the organ. The data obtained are given in Table 14. The relatively much higher

Table 14. Activities of acetylcholinesterase in the caudal muscle connected with the Electric Organ of Common ray, ***Raja tengu.***

Muscle	W(w) (mg)	W(d) (mg)	CO_2 output hr μl	QACh
l	65	12.1	685.7	485
d	85	15.5	28.6	14
v	55	14.5	32.4	18

Each muscle preparation was taken from the portion at just front of the electric organ. l, lateral muscle; d, dorsal muscle; v, ventral muscle; W(w), wet weight; W(d), dry weight (Each value was determined on average of five cases)

activity of AChE, 485 mg ACh hydrolyzed per g. dry tissue per 60 minutes, was found in *"lateral"*. That is as higher as 35 times than that of other muscle. Conversely, in the *dorsal* and *ventral* muscle located at the same portion have lower activities than the former : QACh values were 14 and 18, at average of five cases, respectively.

4. Effect of addition of energy source

In order to give the enzyme solution the energy source, each sugar is added into the enzyme preparation. The values obtained are given in Table 15. There, however, is no effect for the activity of AChE in the electric tissue, even if

Table 15. Effect of addition of each sugar for Acetylcholinesterase in the electric organ of common ray, ***Raja tengu.***
(ACh in the reaction mixture was determined colorimetorically by Hestrin's hydroxylamine method)

Sugars 10^{-2}M	Homog. concentration	CO_2 μl/mg/hr	QACh
Control	10%	64.3	1,762
Glucose		64.4	1,764
Control		64.8	1,766
Fructose	5%	61.4	1,741
Control		64.8	1,766
Glucose	5%	64.1	1,765
Fructose		64.0	1,761

the reaction solution had evoluted carbon dioxide and produced the lactic acid. It may be suggested that presence or absence of certain energy sources and change of metabolic pathway in the electric organ do not undergo for activity of AChE. Therefore, it makes assumption that the energy source for the formation of ACh

which is secondary component of ACh system (Nachmansohn) in the electric tissue should be concerned with such a catalysis that acetylkinase, acetyl coenzyme, choline acetylase and adenosinetriphosphate of these systems. The detailed description will be available in later references.

D. Specificity

1. AChE activity as function of enzyme concentration

As shown in Fig.2, the relation between concentration of the homogenized tissue and its esteratic activity is rightly demonstrated with accurate correspondence. Curves in the figure show that the more the enzyme concentration the lower its activity contrary. Therefore, an amount of ACh equivalent split by the homogenate decreases according to their concentrations. Enzymatic action gives usually direct proportinality between the rate of hydrolysis and the enzyme concentration. Such a relationship was found that the enzyme concentrations were not too high at low enzyme concentration, the proportionality was always obvious, when the substrate was continually in optimum concentration (Fig. 3).

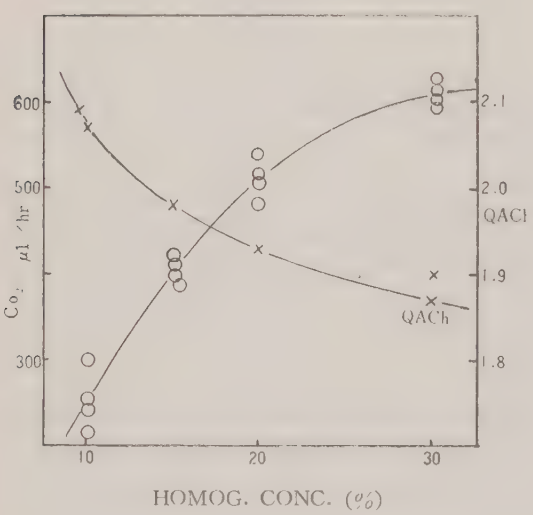


Fig. 2. Rate of enzymatic hydrolysis of acetylcholine by electric organ of *Raja pulchra* as function of enzyme concentration. Abscissae: Concentrations of homogenized electric tissue with KRB's solution(%). Ordinates: left, QACh, mg ACh hydrolyzed/g./hr. right, activity, mm^3 carbon dioxide out put/g/hr.

Previous investigator dealing with this relationship is, for example, those by Abdon and Uvnas (1937).

According to Augstinsson (1948), with increasing enzyme concentration a point was reached when no excess of substrate was present, when the enzyme concentration was increased further, the reaction rate would not be expected to change. Moreover, there may not be any direct proportinality between reaction rate and enzyme concentration, if the enzyme concentration contains impurities which related the action of enzyme. If such a case the reaction rate decreases gradually with increase in enzyme concentration. Such facts also may explain the deviation from proportinality. In most cases, however, it was difficult to draw conclusions as to whether the deviation was due to one or the other of these factors. Therefore the majority of reactions studied has shown

direct proportionality between reaction rate and enzyme concentration.

These phenomena obtained in Fig. 2 lead to the assumption that the stocks of CO_2 evoluted or chohesion of protein molecule inhibits the esteratic hydroysis by the enzyme.

2. AChE activity as function of substrate concentration

The study of the activity-substration relationship has contributed greately to our knowledge of AChE. This relationship was used as one of the first arguments for differentiating between two differnt types of ChE. This the specific ChE is said to be inhibited by excess of substrate which is not the case with the other type, the nonspecific.

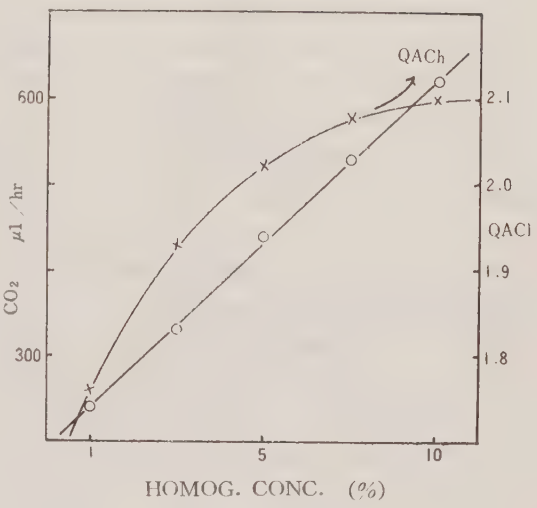


Fig. 3. Rate of enzymatic hydrolysis of acetylcholine by electric organ of *R. pulchra* as the function of enzyme concentration. Description and symbols are in Fig. 2.

Before research had gone so far, several investigations were carried out in order to find out how the reaction velocity is influenced by the concentration of the substrate. The widely accepted theory of Michaelis and Menten has also been applied to ACh-ChE system. The enzyme studied was the nonspecific ChE (blood, serum) in all cases. The dissociation constant (k_3) of the supposed intermediate compound between ChE and ACh was first determined by Glick (1937) who found $k_3 = 1.1 \times 10^{-3}$ (human serum).

According to Eadie (1942), this constant is 1.7×10^{-3} (dog serum), to Wright and Sabine (1943) 0.25×10^{-3} (dog serum) and to Goldstein (1944) 1.25×10^{-3} (dog serum). The constant has been determined also for the enzyme complexes of arsenocholine and butylcholine (Roepke, 1937). Since the observation by Alles and Hawes (1940) that the ChE activity of red blood cells is depressed by excess of ACh which is not the case with the serum activity, more studies were performed on the activity-substrate concentration of ChE. ACh only has been employed as substrate, except in an investigation by Augustinsson (1946), on the ChE of *Helix* blood.

Mendel's group indicated that this relationship is not a criterion by which ACh splitting enzymes can be differentiated. The shape of the activity-substrate concentration curve cannot serve as a basis for distinguishing specific from non-specific cholinesterase. As regards the optimum substrate (ACh) concentration, contradicting results have been obtained by various authors. Thus Alles and

Hawes (1944, '45) found that the erythrocyte ChE displayed its optimum activity at ACh concentration of *pS* 4.6 (*pS* = −log molar conc.). A similar value has been obtained by Mendel and Rudney (1943, '44) with the brain ChE in the absence of any salt other than $NaHCO_3$. These results contrast with the findings of Zeller and Bessegger (1943). The *pS* values at which optimum activity is displayed by the erythrocyte ChE were found by these authors to be 2.5 and 2.6 respectively; the values for the brain enzyme were 2.4, 2.0, and 2.5 respectively. In our opinion the difference between the high values of *pS* obtained by the former groups of workers and the low ones by the latter may be due to the different experimental conditions and to the methods used.

These disagreements have been discussed by Mendel and Rudney (1945) in a paper dealing with the effects of certain salts on the specific ChE (brain, erythrocytes). It was found that the relationship between ChE activity and substrate concentration was changed when salts, especially potassium chloride, were added to the medium. KCl in a concentration of 0.16 M caused a shift of optimum activity of the enzyme (brain) from *pS* 3.60 to *pS* 2.52. Moreover, these authors found that KCl reduced the activity at lower and increased it at higher concentrations, that is, the new optimum corresponded to higher activities than in that of any salt. This fact was said to bring "to light the cause of the discrepancy".

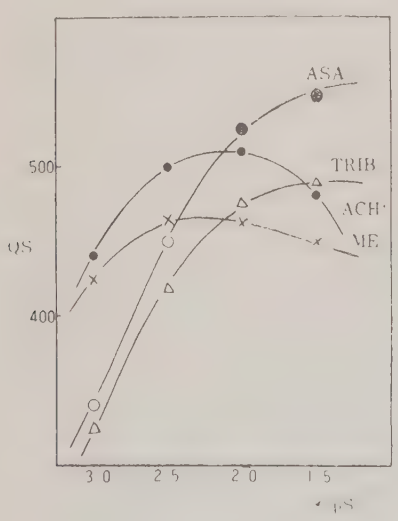


Fig. 4. Activity-*pS* curves for enzymatic hydrolysis of ACh, ASA, TRIB, and ME by a homogenized suspension of electric organ of *Narke japonica*. Abscissae: pS, negative log of molar concentration of substrate. Ordinates: QS, mm^3 carbon dioxide output/60 min.

Confirming previous findings, the system ChE-ACh gave an activity-*pS* curve of the familiar shape of a dissociation curve. In this type enzyme a specific ChE, the higher the substrate concentration is the more the activity increase, showing S-curve.

The activity-*pS* curve for AChE hydrolysis of MeCh showed a lower value of *pS* at very high substrate concentration the activity was decreased. Because of that, MeCh at high concentrations was hydrolyzed at a higher rate than ACh at the same high concentration, when the substrate concentration in both cases was 0.1 M, the ratio between the reaction velocities for ACh and MeCh was 0.57 in 0.001 M solution, on the other hand, this ratio 3.34. In comparison of the hydrolysis of ACh and others, therefore, it is important to consider these differences, previously not taken notice of.

It may explain the finding by Richards and Cutkomp (1945) and by Tabias, *et al.*, (1946) that insect nervous system is more active on MeCh than on ACh.

The activity-pS curve for the hydrolysis of AsaCh, as shown in Fig.5, has quite another shape than in cases of ACh or MeCh. The rate of reaction was not decreased by high substrate concentration and a familiar S-shaped curve was obtained. Electric organ hydrolyzed TB at a low rate. The enzyme responsible for this reaction is not the same as that catalyzing the hydrolysis of choline ester. It was established that the TB hydrolysis was not inhibited by excess of substrate (Fig. 4).

As shown in Fig. 6, the hydrolysis of ACh through the action of the electric tissue was decreased by high concentration of the substrate. The activity-*pS* curve is bell-shaped and is almost complete, thus indicating by Augustinsson, who is well fitted to this reaction.

The results obtained with electric organ extract were much same as these described for the enzyme activity of brain and blood cells (Fig. 4). All data favour the supposion that the ChE of electric organ and that of brain and erythrocytes are identical.

AchE activity of the organ was inhibited by high ACh concentration and bell-shaped activity-*pS* curve was symmetric (Fig. 6), indicating that Hadane's theory of complex *pS* is true for this AChE. The value of *pS*opt was 2.5 (0.0045 M ACh), very near value of erythrocyte enzyme(2.25)and brain (2.46)(Augustinsson, 1946) and is only higher than that of specific type of ChE in other animal tissue (*Sepia* liver 2.6, *Helix* blood

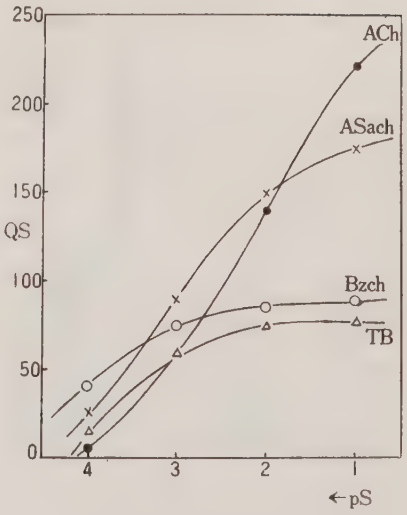


Fig. 5. Activity-*pS* curve of different esters by a purified ChE preparation from horse serum. Abscissae: *pS* (negative log of molar concentration of substrate). Ordinates: QS, mm^3 carbon dioxide output/30 min.

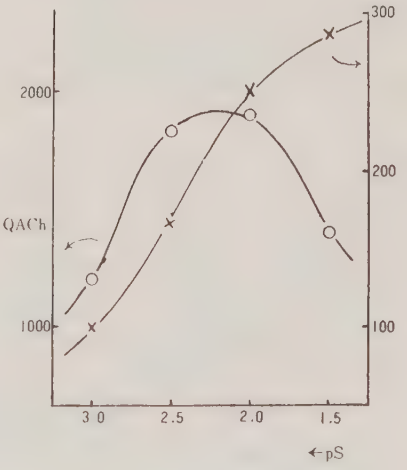


Fig. 6. Activity—*pS* curves for enzymatic hydrolysis of acetylcholine by electric organ of *Narke japonica* and horse serum respectively. Abscissae: *pS* (negative log of molar concentration of substrate). Ordinates: QACh, mg ACh hydrolyzed/mg. protein/hr.
○—○ homogenized suspension of electric tissue of *N. japonica*.
×—× purified cholinesterase from horse serum.

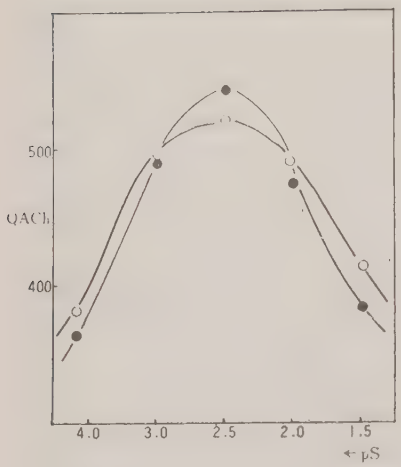


Fig. 7. Activity $-pS$ curves for enzymatic hydrolysis for acetylcholine by electric organ of *Narke japonica*. As shown in the figure, optimum concentration of the substrate is pS 2.4 (0.0045M ACh), which is only higher than that (0.002M) of specific type pf cholinesterase in other animal tissue. QACh, mg ACh hydrolyzed/mg.protein/hr.
○ –○ 5% homogenized suspension of electric tissue.
● – ● 10% homogenized suspension of electic tissue.

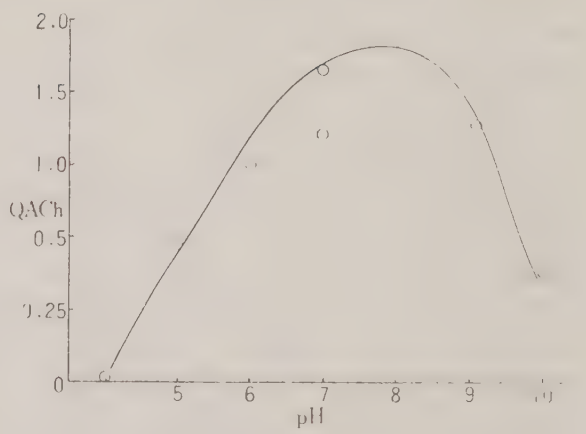


Fig. 8. Activity—pH curve from the enzymatic hydrolysis of acetylcholine by the enzyme preparation from the electric organ of commom ray, *Raja pulchra*.

2.65). Optimum pH-activity curve shown in Fig. 8 is about 8.

E. Comparison of QACh value Determined by both methods

Table 16 shows hydrolyzed ACh mg per g. per hr. determined by both the Warburg's manometric and Hestrin's colorimetric method. As soon as estimated manometrically, the rest of the

Table 16. Comparison with QACh value determined by both the manometric and the colorimetric method.

Hestrin's Hydroxylamic method		Warburg manometric method	
Sample	QACh	Sample	QACh
5% Homogenate	1,629	5% Homogenate	1,636
〃	1,621	〃	1,649
〃	1,600	〃	1,654
〃	1,547	〃	1,589
〃	1,433	〃	1,682
Ave.	1,497		1,636

reaction solutions were kept at lower temperature then soon determined colorimetrically. It is noticeable that the later shows lower QACh value than that with the former method, as if it were synthesized ACh, instead of

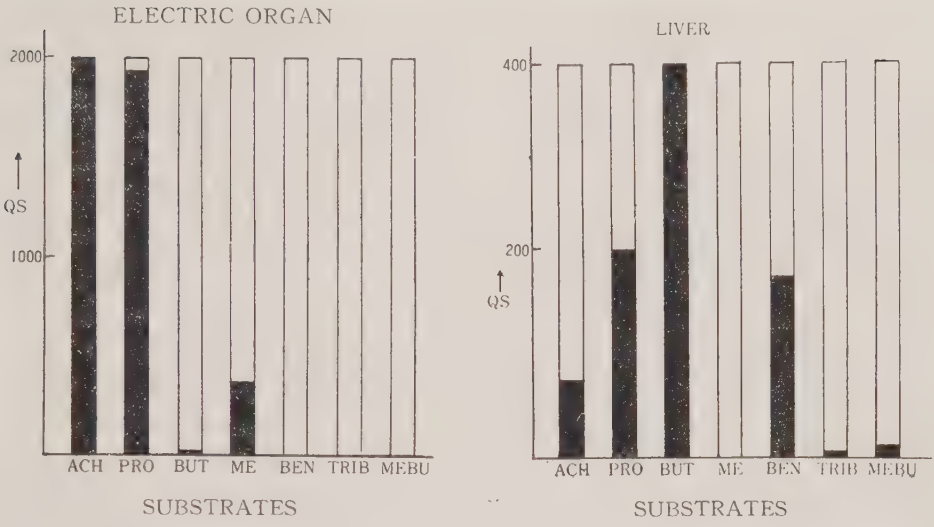


Fig. 9. Pattern of acetylcholinesterase (electric organ of *Narke japonica*) in presence of different substrates compared to that of an esterase (liver of *N. japonica*) no specific for acetylcholine, The columns represents QS, mg. substrate hydrolyzed g. dry tissue/hr. Abbreviation: ACh acetylcholine, PRO propionylcholine, but butyrylcholine, ME Acetyl-β-methylcholine, BEN benzoylcholine, TRIB tributyrin, MEBU nethylbutyrate

hydrolyzing. It makes possible assumption that small amount of certain ester which may exist biological activity also reacts with hydroxylamic acid. Therefore, Hestrin's method may be not only the specific for ACh but for the related esters.

F. Consideration

AChE is present in all conductive tissues throughout the whole animal kingdom. It has been demonstrated in all types of nerve : vertebrate and invertebrate, motor and sensory, central and peripheral, so-called cholinergic and adrenergic, and in muscle free nerve. AChE occurs in *Tubularia*, the lowest Hydrozoa to possess neuromuscular tissue comparable to that of higher animals (Bullock, Grundfest, Nachmansohn, and Rothenberg, 1947).

Some properties of AChE in the electric organ were essentially similar to those described for that of nervous and muscle system. However, the QACh is about 20—50 times as higher as that of brain and spinal cord of the mammalia. Namely, these organs may split in 60 minutes as amount of ACh equivalent to 2—5 times as their own weight.

The outstanding feature of the enzyme from the physiological point of view is the high speed at which the enzyme hydrolyzed ACh. According to the brilliant investigation by Rothenberg and Nachmansohn, the turnover number is of the same order of magnitude of 200 millions per minute. The figure has been

obtained on the basis of experiments and enzyme solution prepared from electric tissue of *Electrophorus elctricus* which showed only one component in the ultracentrifuge. The molecular weight was estimated on the sedimentation rate. The data indicate that one molecule of AChE hydrolyzes one molecule of ACh in about few minutes.

Any mechanism of a living cell is, only all available evidence, connected with a whole chain of reaction. Several compounds have been associated with nerve activity and the extra oxygen uptake observed is sufficient evidence that the passage of the impulse must be associated with a great number of reactions. But no other chemical reaction known to be associated with nerve activity has a comparable speed been demonstrated. The extraordinary speed at which ACh may be metabolized is of paramount importance for evaluating its possible role in conduction. On the basis of the electrical signs it must be postulated the primary process at each point, where the impulse passes, occurs within less than 100 microseconds. The prequisite for any assumption is therefore a similar speed of the reaction. The high turnover number of AChE satisfies this postulate and makes it possible to associate this specific reaction with the primary event of conduction. The esterase-ACh system is, therefore, the only one which at present, can be associated directly with the electrical event.

III. BIOSYNTHESIS OF ACH IN THE ELECTRIC ORGAN OF THE FISH

As early as 1946 Nachmansohn and his associates found during the experiment which based on the energy transformation involved and on the thermodynamic considerations, that ACh was formed anaerobically. It appeared crucial to test whether or not energy-rich phosphate bonds were really the energy of the primary recovery process of conduction of the impulses is really used for the resynthesis of the compound which, by its release, supposedly initiates the impulse. It would, therefore, at the same time, constitute a new support for the assumption that the primary "excitatory disturbance" which produces a propagated impulse may, indeed, be the release of the ester.

In confirmation of this assumption, a new enzyme, choline acetylase, could be extracted from brain in cell free solution, which, under strictly anaerobic conditions, in presence of adenosine triphosphate (ATP), forms ACh. Phosphostigmine and fluoride must be present in order to inhibit the action of AChE and ATPase respectively.

A. Preliminary aspect of acetyl-activator

Previously the author described the specific type of ChE and AChE extracted from the electric organ of Japanese electric fish. This organ can split ACh more than 20 times as fast as boar spermatozoa and some types of mammalian brain (cf. Sekine, 1953). Recently, it has been noted that in the electric organ, AChE rapidly splits ACh into choline and acetate. Thus AChE catalyses the reaction:

$$\begin{array}{l} CH_2O-COCH_3 \\ | \\ CH_2-N(CH_3)_3 \end{array}^{+} + HOH \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CH_2-N(CH_3)_3 \end{array}^{+} + CH_3COOH$$

It has now become clear that acetylation of aromatic *n*-acetylamine and acetoacetate are the same reaction throughout a coenzyme-enzyme system which is not reacted with "liberated" acetate but it reacts smoothly on "active" acetate, acetyl-coenzyme A.

After that, the author has been considering the acetylation of choline by the electric tissue should be activated by certain cofactor, such as acetylation of sulfanilamide by liver (Lipmann), and also biological oxidation of cozymase or flavin nucleotide.

As shown in Table 17, it was evident that ACh was clearly synthesized

Table 17. Acetylcholine synthesis by the extract of the electric organ of electric ray, *Narke japonica*.

Additions	ATP (μM/ml)	CoA (mg/ml)	ACh synthesized (μg/g/hr)
Acetate + Choline	0.33	2	0
Acetate + Enzyme	0.33	2	0
Choline + Enzyme	0.33	2	0
Acetate + Choline + Enzyme	0.33	—	0
Acetate + Choline + Enzyme	—	2	0
Acetate + Choline + Enzyme	0.33	2	160

All tubes contained, 0.0065M KCl, 0.00075M $MgCl_2$, 0.0017M $CaCl_2$, 0.0025M Na_2HPO_4, 0.0003M NaCl, 0.6M NaF, 0.26M *l*-cysteine, 10γ. eserinesalycilate and in addition sodium acetate 0.05M, sodium ATP 0.03M, choline chloride 0.002M, coenzyme A (0.5unit) and 0.9ml of the enzyme extract were added as indicated above. The final volume of the reaction mixture was made of to 3.0ml with water.

under the existence of coenzyme A and ATP as an energy source, whereas it was not synthesized by only the enzyme and substrates.

As mentioned above, it is necessary to form Ac-CoA that major condition of the acetylation of the substrates is performed.

Now, figures are given to explain of the correlation between pyruvate formate

exchange which is formed citrate into TCA cycle (Fig. 10). Present experimental data show following sparking effect under the presence of Mg and phosphoacetokinase, energy rich phosphate bond is produced between ATP and SH-bond of β-meracptoethylamine which is functional component of acetylation coenzyme.

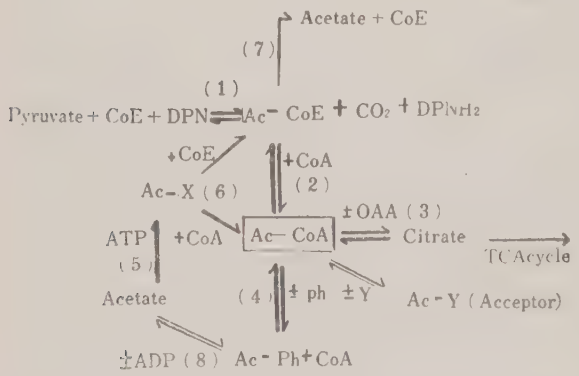


Fig. 10. Map of acetyl transfer "territory"

After that, changing the acetyl bond of citric acid, resulting of it, formation of acetyl coenzyme A (Ac—CoA) is performed (Fig. 10, (5) & (6)). This acetyl coenzyme A, acetyl receptor at the existence of cholineacetylase and acetyl-acceptor of choline was biosynthesized into ACh.

In these experimental facts that second components of ACh cycle (Nachmansohn) and chiefly concerned with the biosynthesis of both substrates, choline and acetate, which are productive substance of hydrolysis of ACh in the presence of high concentration of AChE in the organ.

So-called "choline acetylase" extracted from the nervous tissue by Nachmansohn (1943) catalyzed ACh formation :

$$\text{Acetate} + \text{CoA} \xrightarrow[(\text{ATP})]{} \text{Acetyl-CoA}$$

In this reaction ATP is necessary to only energy source for biosynthesis of ACh, separating from AChE system.

In last steps of the resynthesizing reaction of ACh, thus the cholineacetokinase catalyzes the reaction ;

$$\text{Acetyl CoA} \quad \text{Choline} \longrightarrow \text{ACh} \quad \text{CoA} \quad \cdots\cdots (1)$$

In former steps of this reaction, thus phosphoacetokinase catalyzes the reaction ;

$$\text{Substrate} + \text{CoA} \longrightarrow \text{Acetyl—CoA} \quad \cdots\cdots (2)$$

The results obtained in the present experiment (Table 17) show both activity combined the reaction (1) catalyzed by phosphoacetokinase and (2) by choline acetokinase. Therefore it may be said "choline acetylase" of the electric organ, in wide sence. Hence, it became clear that acetylation coenzyme closely connected with acetylation of choline was investigated. The results obtainted

are shown in Table 18, that reversible inactivation of choline acetylation system of the electric organ throughout autolysis. Namely as acetylation of choline in

Table 18. Reversible inactivation of choline acetylating system in the electric organ of the fish, throughout autolysis.

Treatment of extract	Filtrate of boiled organ added, corres. to g.	Choline conjugated (γ)	Fish
untreated		142	
kept 10 hrs, 24°C		0	
	200 mg. cat liver	111	*Raja kenojei*
untreated		125	
kept 10 hrs, 24°C		0	
	200 mg. electric organ	119	
untreated		125	
kept 10 hrs, 24°C		0	
	200 mg. cat liver	89	*Narke japonica*
untreated		128	
kept 10 hrs, 24°C		0	
	200mg. electric organ	98	

The electric organ extract, treated or untreated, was incubated in Warburg's vessels in water bath at 37.5°C. The vessel contains 0.9ml of extract in a total volume 3ml; salts buffer and sodium acetate were presented 0.005M concentration.

The extract was combined with activator, and, after adaptation to the bath temperature, the experiment was started through addition of 0.33M of ATP. 0.002M of choline chloride, 10γ/ml of eserine salycilate, 0.22M of cysteine, and 0.01M NaF.

the organ is inactivated through aging enzyme, being regained by the additions of filrate of boiled organ, this appearently indicates the properties of coenzyme activating factor of the choline acetylation system in the organ.

In 1948, during the study on sulfonamide acetylation in pigeon liver extract Lipmann and his co-workers noted that towards a solution of puzzling problem of metabolic acetate utilization. It appeared that a coenzyme was involved in this process. On dialysis as well as on aging, the enzyme solution lost ability to acetylate, which was regained on the isolation of this, appearently new coenzyme was therefore attempted. On purification it appeared that new coenzyme, CoA, was pantothenic acid derivative (Lipmann *et al*, 1948). In order to certify how to react between the phosphoacetokinase prepared from the rat liver and acetylating activator from the electric organ of *Narke japonica* respectively, experiments of the effect of crude activator extract on aged electric organ for both choline and sulfanilamide acetylation, aged rat liver enzyme was used. Results obtained are shown in Fig. 11.

Therefore, acetylating co-factors which extracted from the electric organ should be identical with acetylation coenzyme commonly such as in all the living

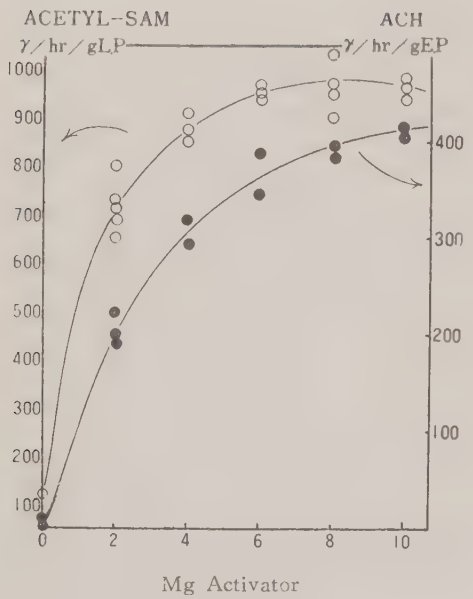


Fig. 11. Comparison of the effect of same activator preparation on aged electric organ extract for choline acetylation and aged cat liver extract for sulfonamide acetylation. Abbreviation: ACETL-SAM acetyl sulfonamide, ACH acetylcholine, LP cat liver powder, EP electric organ powder

organisms. This makes possible assumption that acetylation coenzyme is not only to play the part of pathway on TCA cycle, which is contained great important metabolism of the living organisms, but also closely connected with biosynthesis of ACh and other choline ester which hold an important position of the activity of cell and tissue. Therefore, further research of these problems must be pursued, that not only problems of the energy source to TCA cycle but also controling mechanisms contained acetylation coenzyme such as regulating the pathway on their metabolism and function.

The present experiments were pursued preliminarily under the assumption that choline should be readily acetylated by the action of that coenzyme linked enzyme system in the electric organ of the fish which has such role of the condensing enzyme (Krebs) that pyruvate-citrate reaction in TCA cycle, in which ATP serves as an energy source.

B. Assay and distribution of Coenzyme A in the electric organ.

The discovery of an acetyl-activator which the longer the dialysis is carried on, the weaker is the reactivation by the preparation mentioned has revealed the position of ACh in general metabolism. The experiment has been suggested that these enzymatic reactions should be involved acetylation coenzyme (CoA), a pantothenic acid derivative. This observation also characterized the enzymatic acetylation of aromatic amide(Lipmann, 1948), which ATP as a condensing agent, as being due to an apoenzyme-coenzyme system.

1. Preparation of the electric organ extract.

For the preparation of the electric organ extract of *Narke japonica*, fish was killed as completely as possible, homogenizing the organ at lower temperature (4°C), and making the powder of acetone dried organ. The powder is

eventually dried in a vacuum desiccator over phosphorus. Passing the powder through a sieve, from 0.5 to 1.0 g. of white-yellow powder are obtained from 100 g. of fresh electric organ, corresponding to one to two electric fishes.

In these experiments, the white color is a helpful index for the activity of the preparation. A brown-yellowish acetone powder results which invariably has poor or no activity, although cysteine reactivates and stabilizes the acetylation enzyme.

2. Preparation of Aging extracts.

The electric organ extract is prepared by carefully rubbing up 10 g. of the organ powder with 100 ml. of salts buffer (0.06M KCl, 0.00075 $MgCl_2$, 0.0017M $CaCl_2$, 0,0025M Na_2HPO_3 and 0.0065M KCl). About 50ml of white-yellowish obtained have now to be kept frozen overnight by deep freezing. The insoluble was removed by centrifugation at a rate of 3000 R.P.M. for 15 minutes. In order to inactivate the extract, let it alone at 25°C for 4 hours. More complete inactivation is obtained by autolysis for 4 hours at room temperature. After aging, the extract is recentrifuged, and insoluble material discarded, then kept again by deep freezing to precipitate a large amount of ATP-ase.

3. Determination of Coenzyme A Lipmann Unit

i) Coenzyme A Lipmann Unit

Lipmann and his associates (1948) determinated CoA unit by his sulfanilamide-acetylation system *"Such an amouut, therefore, as well activate our system the maximum activity is defined as 1 unit of coenzyme A"*. The unit is largely independent of the individual enzyme preparation, even if the absolute amount of acetylated sulfanilamide may vary. The CoA unit *contains 0.7γ bound pantothenic acid* and is independent of the purity of preparation.

ii) Preparation of assay

For the assay of CoA in the organ, the solution was prepared by quick boiling fresh minced organ of the fish,(*Narke japonica*)with 3 volume of water. To make a dry preparation of CoA, this solution is brought to *pH* 2 with 0.1 N hydrochloric acid and then was precipitated with 1 volume of acetone. This preparation was washed with acetone and ether and dried. This preparation was very hygroscopic in air and deteriorates on wetting, and then kept in desiccator or in a freezer.

4. Assy procedure

In order to determine the activity of CoA prepared by the electric, it is necessary to test coenzyme A unit under the Lipmann's acetyl-sulfanilamide system.

Namely, for the routine assay of the coenzyme A, the following assay reaction mixture were prepared : 10 ml. of 0.04 M sulfanilamide,

2.5 ml. of M sodium acetate

8.0 ml. of ATP approximately 0,05 M

10 ml of 0.2 M sodium citrate.

(The *pH* of the mixture should be around 7).

To each Warburg vessel there are added (1) the solution to be tested coenzyme activity 0.2 ml., (2) 0.3 ml. of the assay reaction mixture, (3) 0.08 ml. of a freshly prepared M sodium bicarbonate solution (4) 0.1 ml of 0.1 M cysteine hydrochloride (5) 0.25 ml. of the aged enzyme (6) 0.4 ml. of 10γ/ml. of eserine salicylate (7) volume of water.

A blank is prepared by adding all the constituents except coenzyme A. The experiments were carried out in a gas mixture of 95 per cent N_2 and 5 per cent CO_2. The vessels are shaked, and incubated for 2 hours in a water bath of 37°C. The reaction is halted by adding 4 ml. 5 per cent trichloroacetic acid. After centrifugation, aliquots of 1 ml. are taken for sulfanilamide determinations, and carried out by the procedure of Bratton & Marshall. Reading was made on the photoelectric colorimeter, with filter 540 mμ. The difference in sulfanilamide between the blank and the tubes containing coenzyme represents the amount of sulfanilamide acetylated. In these systems, such crude coenzyme preparations contain about 0.26 unit per mg. of dry matter. The results obtained in analysis of the electric organ were in remarkable agreement with the Lipmann's standard coenzyme A by pigeon liver preparations which contain 0.25—0.5 unit per mg. of dry matter.

5). Isolation of Coenzyme A from the Electric Organ

The isolation of CoA from the electric organ of *Narke japonica* was followed throughout the purification by the assay method described by decapitation and the organs quickly removed and chilled. The organs are minced or homogenized with the appropriate volumes of water and rapidly boiled. The temperature was not allowed to drop below 80°C. After completion, the mixture was simmering for 15 minutes more. The juice was passed through muslin.

i) Deproteinzation and mercury precipitation———

The juice was cooled and deproteinized with 5 per cent trichloroacetic acid. The filtrate was, as quickly as possible, neutralized to pH 5 and the coenzyme precipitated with a slight excess of mercuric acetate. The precipitate was collected after settling overnight, and decomposed with hydrogen sulfide.

ii) Aceton fractination and barium precipitation.

The aerated filtrate from mercuric sulfide was neutralized to pH 4 to 5,2 volumes of acetone were added, and the precipitate discarded. Another 7 volumes of acetone were added, and after being kept overnight in the cold, the oily yellow deposit was collected by decantation. The oily deposit was dissolved in water, neutralized to pH 8.4 to 9, and barium acetate was added, followed by 2 volumes of acetone. The precipitate was dried with alcohol and ether. one hundred mg. of electric organ gave *800* mg of barium salt of *0.8* units per mg.

iii) Lead, silver, and second barium treatment——

The barium salt was dissolved by addition of N acetic acid to about pH 4, a dirty residure was discarded, and a slight excess of lead acetate was added. The lead precipitate was decomposed with hydrogen sulfide reextracted with addition of sodium acetate to bring it to pH 4.5. The combined filtrates were brought to pH 4.5 and silver nitrate was added. The silver was removed with hydrogen sulfide and the filtrate brought to pH 8.5 to 9. Barium acetate was added, followed by half the total volume of alcohol. The precipitate was collected and dried with ether. From about 1000 g. electric organ were obtained 950 mg of this barium salt of 10 units per mg.

Table 19. Coenzyme A in tissues of electric ray, *Narke japonica*.
(All values are given in unit of CoA per g. of fresh tissue).

Organ	CoA per g. fresh weight
Liver	180
Adrenal	83
〃 demedullated	70
Kidney	95
Brain	83
Heart	51
Testis	23
Intestine	23
Thymus	25
Skeletal muscle	6
Plasma	0—1
Electric organ	98
Red blood cells	0

iv) Coprecipitation with barium sulfate and elution.

The barium salt was dissolved to make one per cent solution with N acetic acid and a small residure discarded. For every 100 ml., 6 ml. of 6 per cent barium acetate were added and 6 ml. of 0.2 M sodium sulfate dropped slowly in with agitation. Barium sulfate was thus precipitated in the presence of a considerable excess of barium ion. The combined barium sulfate precipitates were extracted with 0.2 M sodium sulfate in 0.1 N acetic acid. Approximately 25 ml. are used per g. of original barium salt. The extraction was carried out at 50°C with vigorous stirring, and repeated three times. The combined eluates were cooled, the solution made 0.8 N with concentrated hydrochloric acid, and an excess of phosphatungstic acid was added. The precipitate was washed carefully three times with acidified acetone and dried with ether. The activity of this compound averaged close to *30* units per mg.

v) Third barium treatment and precipitation with acetone HCl——

One per cent solution of the compound was brought to *pH* 8.5, and the CoA

precipitated with barium acetate and an equal volume of alcohol. Eight hundred and fifty mg. of barium salt were obtained with an activity of *56* units per mg. The barium salt was dissolved with a comfortable excess of hydrochloric acid, and 5 ml. of N sulforic acid were added. After removal of barium sulfate, 9 volumes of cold acetone were added, and the white precipitate was dried with acetone and ether. This preparation was whitish. The total yield from *5000* g. of electric organ was *850* mg., and activity of *85* units per mg.

vi) Unit activity of coenzyme A compared with pantothenic acid content—

According to Cheldelin's observation which PTA value by test with *Lactobocillus arabinosus* increased slightly on digesting with clarase and papain

Table 20. The culture base of *Lactobacillus arabinosus** for the quantitative analysis of pantothenic acid.
**L. arabinosus* was kindly supplied by Mr. Maeda.

Component	*L. arabinosus**
Casein hydrolysate	1g
Glucose	49g
Na-acetate	1.2g
Tryptophane	20mg
Cystine	20mg
Adenine sulfate	1mg
Guanine HCl	1mg
Xanthine	1mg
Salt	2cc.
Thiamine	200γ
Riboflavin	200γ
Pyridoxine	400γ
Nicotinic acid	200γ
Biotin	0.5γ
P-Amino-benzoic acid	20γ
pH	6.6—6.8
H_2O	100cc.

suggested the possibility that the enzymatic treatment with clarase and papain, as used in the routine assay for pantothenic acid (PTA), might liberate only very slowly the PTA from CoA. Therefore, new assay proposed by Lipmann's group was : The sample was subjected to acid hydrolysis and then tested for the presence of β— alanine, with yeast as the test organism. The yeast assay revealed then the presence of amounts of β—alanine in CoA corresponding to a pantothenic acid content of 11 per cent.

As to the purification of CoA, it is necessary to determine not only CoA unit activity but also the pantothenic acid (PTA) value tested with *L. arabinosus*:

$$\text{PTA (Degree of Purity)} = \frac{\text{CoA-Bound PTA}}{\text{Sample (Dry Weight)}} \times 100 \text{ (PTA\%)}$$

or 1 Lip. Unit/mg=0.065 PTA%

1 M CoA=800±50 (766?)

PTA=1/4M CoA

$$\text{CoA (Degree of Purity)} = \frac{\text{CoA}}{\text{Sample (Dry Weight)}} = 4 \times \text{PTA (Degree of Purity)}$$

Lip. Unit/mg=0.26 CoA (Degree of Purity) (%).

Each CoA preparation, ranging in potency from *0.5* to *85* units per mg., was subjected to enzymatic treatment and PTA was determined microbiologically by the method of Skeggs & Wright (1944). Table 19 shows the Unit activity of CoA compared with PTA content.

C. Cholineacetylase

As early as 1926 Abderhalden & Paffrath found during experiments with the small intestine of pig that the ACh-hydrolyzing enzyme has a synthesizing effect strongest at *pH* 6, as opposed to a hydrolyzing one. These results have been later confirmed in experiments with pig serum (Shaw, 1935), embryonic extracts (Ammon & Kwiatkowski, 1934), leech extracts, and humann serum (Kwiatkowski, 1936). In respiration experiments with brain slices, (Quastel, Jennenbaum, & Wheatly 1936) obtained a substance which was supposed to be a ChE ; they did not find any connection between the ChE concentration of various tissues and the ability of synthesizing choline esters. In all these instances, the synthesis took place aerobically. It is certain that ACh is synthesized during the electric stimulation, for example of the superior cervial ganglion, but it is as yet not clear whether the ACh formed is identical with that liberated at the nerve endings or synapses. This synthesis at the cervial ganglion is not inhibited by physostigmine ; therefore it is doubtful whether this process is catalyzed by ChE. The formation of ACh is increased by adding glucose, lactic acid, and pyruvic acid. These substances of carbohydrate metabolism have no influence on the ChE activity, but they are sources of the acetyl group needed for the synthesis of ACh. The phospholipids are the origin of choline. Nachmansohn & Machado (1943) have shown that ACh is also formed anaerobically. They have extracted from brain a new enzyme, choline acetylase, which, under strictly anaerobical conditions in the presence of ATP and K, forms ACh in cell-free solution. Physostigmine and fluoride must be present in order to inhibit the action of ChE and ATP-ase respectively.

Ochoa (1941) has shown that fluoride inhibits the activity of ATPase without interfering with the transfer of phosphate to phosphate acceptor. This may be

due to the precipitation of calcium, since it is known that calcium activates.

Extraction prepared from fresh tissue is very unstable and the rate of formation decreases rapidly. When, however, extracts were prepared from acetone-dried powder, a much more stable solution was obtained moreover, in this way, choline acetylase is separated from most of the ACh and all of the ATPase, since treatment with ACh inactivates these two enzymes.

1. Preparation of Choline acetylase in the electric organ of *N. japonica*.

i) Slice or homogenized electric tissue

Working first, the preparation of ChAcE in the electric organ with slice or homogenized electric tissue were used. In addition to ATP as energy source, and choline and acetate as substrates, fluoride and eserine must be present in order to inhibit the strong activity of AChE or ATPase, eserine and fluoride should be added respectively to its reaction system. Ochoa has shown that fluoride inhibits the action of ATPase without interfering the transfer of phosphate to a phosphate acceptor, since it is known that fluoride promotes the precipitations of calcium which activates ATPase. In spite of these conditions, the slice or homogenized tissue preparation found no synthesizing action of ACh at all.

ii) Cell-free extraction

But, under the same condition, when they prepared cell free-extract (supernatant in the centrifuging of the homogenized tissue at a rate of 3000 R.P.M. for about 10 minutes at 5°C), about 210 μg ACh/mg. dry weight/hour was synthesized. This extraction prepared from fresh electric tissue is very unstable and rate of formation decreased rapidly (Table 22).

iii) Acetone dried powder

These very unstablity and the rate of decrease of ChAcE activity which are due to the strong action of ATPase and AChE that inhibits the synthesizing ACh, therefore, it must be prevented by preparing from acetone-dried powder and may be obtained much more stable solution. However, in the first acetone powder, about 200 mg. ACh was formed g powder/hr. (as shown in Table *21*), which is less than that of cell-free extract.

Indeed, acetone dried powder is a convenient source for ChAcE preparation, if

Table 21. ACh formation by choline acetylase prepared from the electric organ of *Narke japonica*

Substrate	ATP μM/ml.	ACh μg/g/hr	Preparation used for ChAcE
Acetate + Choline	0.03	0	Slice
Acetate + Choline	0.03	0	Homogenate
Acetate + Choline	0.03	210	Cell-free extract
Acetate + Choline	0.03	200	acetone-dried powder

it is suitable for some optimum condition, since it is readly prepared and preserved; besides AChE and ATPase content would be very low. The reasons for this superiority of cell-free extract are able to adequately explain by the consideration of acetylation problem mentioned above, that coenzyme in ACh synthesyzing system should be easily inactivated by acetone treatment.

2. Purification of ChAcE

i) sulfhydryl (−SH) groups

As mentioned above, extractions prepared from fresh electric tissue are very unstable and rate of formation decreases rapidly, and also, on acetone treatment the coenzyme rapidly loses its activity, these findings support the view that ChAcE belongs to the class of enzymes containing sulfhydryl group (−SH) which are easily oxidized. The significance of −SH groups present in so many enzyme proteins has been stressed by the work of Barron. Monoiodoacetic acid is strong inhibitor of −SH groups. It is interesting to test that the formation of ACh by the choline acetylating system added to iodoacetic acid which reacts with -SH groups. The results obtained from these relationships are given in Fig. 12.

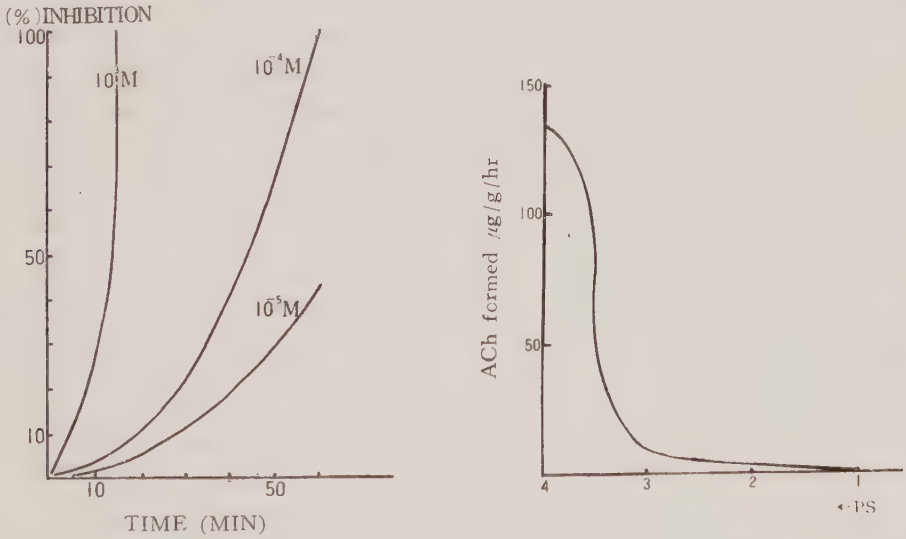


Fig. 12. Inhibitory effort of monoiodoacetic acid on choline acetylase in the electric organ of *Narke japonica*.

In 10^{-3} M concentration, iodoacetate completely inactivated ChAcE within 15 minutes, also in 10^{-4} M conc. have a half inhibitory effort on enzyme activity for 60 minutes. The results obtained in the analysis of this effect to the enzyme activity were essentially similar to those described for inhibition of ChAcE by copper reported by Nachmansohn. Formation of ACh in fresh brain extract was virtually completely inhibited by 3×10 M^{-5} concentration of copper ions and the inhibition was still 66 per cent at 1.5×10 M^{-5} conc., since SH groups are also

high sensitive to copper.

ii) Cysteine effort

Further support for the high sensitivity of −SH groups of ChAcE in electric tissue may be seen in the fact, in fresh extract, and the yield is considerable decreased by incubation in air instead of under strictly anaerobic conditions

Table 22. Decrease of activities of choline acetylase in electric tissue extract

incubation	per cent decrease	
	25°C	4°C
hrs.		
1	55	
2	80	
3	95	15
4	100	
8		
16	70	
24	90	

(Table 22). Presence of cysteine improves the yield considerably and, in sufficiently high concentration, may prevent any effect of oxygen. In extracts which have been dialyzed or prepared from acetone-dried powder, presence of cysteine in high concentrations may increase the rate of formation, up to 2—3

Table 23 a. Effect of *l*-cysteine on choline acetylase activity in each preparation from the electric organ of *Narke japonica*.

Condition	ATP μM/ml	Cysteine μM/ml	ACh μg/g/hr	Preparation
Acetate + Choline	0.03	none	230	Cell-free Ext.
Acetate + Choline	0.03	0.026	500	〃
Acetate + Choline	0.03	none	0	Acetone powder
Acetate + Choline	0.03	0.026	8.9*	〃

(*ACh mg/g/hr)

mg/g powder/hour (Table 23,a). Observations as to effort of cysteine on ChAcE activity apparently indicate that cysteine activates easily oxidizable −SH groups during acetone treatments or effort of oxygen.

iii) Coenzyme A

Only a brief summary of this work is given here, since the detail was already described above. The longer the dialysis is carried on, the weaker is the reactivation by the compounds mentioned. The experiments suggest that choline acetylase requires a coenzyme for its activity. The coenzyme has been found. In contrast to enzyme which occurs only electric tissue, coenzyme A has been extracted from brain, liver, nerve tissue, and skeletal muscle. Coenzyme A has

been purified to a certain degree by treatment with barium salt, which precipitates the coenzyme A. It is well established that the first step of acetylation in animal cell is the formation of acetyl CoA by an enzyme referred to acetylkinase, using the energy of ATP. The mechanism of this formation of acetyl CoA has been recently investigated jointly by Lynen & Lipmann. The acetyl group is then transferred from acetyl CoA to acceptor through the action of enzyme more or less specific for the acceptor. Choline acetylase transfers the acetyl group from acetyl CoA to choline. CoA mediates a great number of key reactions in intermediate metabolism, as for instance the condensation of oxaloacetic and acetic acid to citric acid, or various steps in the fatty acid cycle investigated mainly by Lynen, Ochoa, Green, and their associates.

iv) Purification by fractional ammonium sulfate precipitation

The choline-acetylating system of electric organ was purified and concentrated by fractional ammonium sulfate precipitation. The procedure used is as follows : Acetone-dried powder prepared from electric organ of *N. japonica* was extracted with 0.05 M K_2HPO_4 buffer of *pH* 7.4 and was centrifuged in the preparatory ultracentrifuge. The proteins of the supernatant solution were precipitated with an equal volume of 50% ammonium sulfate and centrifuged. The precipitate was dissolved in 0.1 M K_2HPO_4 buffer of *pH* 7.8. The ammonium sulfate was removed by dialysis against 0.05 M K_2HPO_4 buffer of *pH* 7.4.

Protamine sulfate, in a 2% solution was added (1 mg. per 10 mg. protein) and the precipitate formed was removed by centrifugation. When large amounts of materials were used, an ammonium sulfate fractionation was carried out at this stage and the protein fractionated between 16 and 28% (g/dl). With smaller amounts the next step was carried out directly, consisting of treatment with 3.3 mg.

Table 23 b. Purification of choline acetylase in the electric organ of *Narke japonica*.

Enzyme Preparation	ACh formed (mg/g protein/hr)
Crude extract	12.8—13.0
Ist Amm. sulfate	25.0—30.0
Protamine sulfate	25.1—26.0
Ca gel	100—110
2nd Amm. sulfate	150—160

of calcium PO_4 gel per mg. of protein at *pH* 6.2. The gel was centrifuged and eluted with 0.05 M phosphate buffer of *pH* 7.5 and the elute discarded. Further elution with 0.2 M phosphate buffer of *pH* 8.2 contained most of the enzyme. The elute was again fractionated with ammonium sulfate, between 16 and 32%. The data of preparation are given in Table 23 b.

3. Optimum condition to choline acetylating system

The following condition was found to be optimum for the activity of choline

acetylating system in the electric organ of *N. japonica*, homogenizing the electric organ of the fish at lower temperature and then making the acetone dried powder of the tissue. Enzyme solutions were prepared with supernatant, which the acetone dried powder of this tissue was extracted by the salts buffer solution contained KCl and was centrifugated at the rate of 3000 R.P.M. for 3 min.

Nine-tenths ml. of the enzyme solution are added with cysteine in order to activate it, and then are added with 1.2 ml. of the salts buffer containted eserine and NaF as to the inhibitor of AChE and ATPase respectively. More added to it 0.3 ml. of choline chloride, sodium acetate and ATP respectively, resulting of it, making 3.0ml. of the total volume. The reaction solutions which are added 6 mg. of CoA (5 unit) are incuvated at 37.5°C for 60 minutes. The amount of formed ACh was measured by Hestrin's hydroxylamine method. As shown in Table 22, it was evident that at the presence of CoA and ATP, when an essential component prepared with acetate, choline, and enzyme a high rate of formation, up to ACh 2.5 mg./g./hr. was obtained. Whereas, on other condition, only enzyme and substrate were found only a small synthesis of ACh, or none at all. Under such a optimum condition, synthesized ACh mg./g. powder/hr. was about 2.0 which is of the same order of the magnitude as that estimated in some mammalian brain and squid ganglion. From the results obtained in this analysis at the present experiments it was clearly evident that the electric organ of Japanese electric ray might hold the exciting system contained ACh metabolism as in the case of the neuromuscle junctions.

4. Problem on acetyl donor as to ChAcE activity

i) Acetyl donor

Recently, it has been assumed that during synthesis of ACh, what has become of acetyl donor is one of the key point of considerable problem on ChAcE. Nachmansohn considered that the unique substrate of acetyl-groups was acetic acid, on the other hand, citrate, glutamate and *l*-cysteine had only effective force or not at all, on its acetylating system. Other workers, however, have been apt to admit the citrate as a chief acetyl donor (Fulton 1948, Feldberg *et al.* 1946). An interesting observation, revenant in this problem, has been recently reported by Ebashi. The results showed that citrate was an excellent acetyl donor, while acetate was also utilized by guinea pig brain.

Before discussing the acetyl donor as to ChAcE activity by the electric organ of *N. japonica* it was pursued on the amount of ACh synthesized by enzyme preparations in connection with certain acetyl-donors.

In ACh synthesizing system, it is possible to support that both acetate and citrate are typical acetyl donor and, furthermore, *l*-glutamic acid, and keto acid would have some effect as activator or inhibitor for this system. Table 24 illustrates the amount of synthesized ACh by ChAcE in the electric tissue in

Table 24. The amount of synthesized ACh by choline acetylase in the electric organ of electric ray, *Narke japonica* in connection with certain acetyl donor.
(Each value illustrated is determined on average of five cases)

Preparation	ACh formed, mg./g./hr.			
	Acetic acid	Citric acid	*l*-Glutamic acid	Keto acid
A	250±15	132±32	191±21	231±12
B	600±50	180±43	291±21	156±10
C	2000±40	135±43	130±21	50± 6

A: fresh organ extract, B: acetone dried powder, C: acetone dried powder more active complete system

connection with certain acetyl donor.

In the electric organ, the added acetate was found to be an essential component, and was a unique acetyl donor. Citric acid has an effect nearly as strong as glutamic acid, whereas the oxidation product of amino acid and keto acids have a strong inhibitory effect on the formation of ACh when present in concentration of 10^{-4} to 10^{-5} M. The observations show that the activity or inhibitory effects of some intermediate compounds on the enzyme activity may be upon the degree of purity and other accessory conditions of the enzyme preparation.

ii) The mechanism of the ATP-CoA-Acetate reaction

As mentioned above, in the electric organ the added acetate was found to be an essential component and was a unique acetyl donor. If we accept this general acetylation problem, it becomes considerably easier to understand the reaction ATP-acetate reaction which we think reveal a rather unexpected mechanism. This conversion of the phosphate bond in ATP into acetyl bond of acetyl CoA—excluding acetyl phosphate as an intermediary has so far been poorly understood. Quite a while age, during Chou's work on this reaction with hydroxylamine as acetate acceptor(Chou and Lipmann, 1952), Lipmann and his associates were puzzled by the observation that hydroxamic acid formation was balanced by too little inorganic phosphate. On synthesis of ACh similar results were recently obtained using active electric tissue.

It was mainly this observation which gave a way the explanation of the mechanism, namely, that not phosphate but pyrophosphate was liberated in the ATP-CoA-acetate reaction. It appeared that the author had overlooked the relative abundance of pyrophosphatase of ChAcE in the electric tissue. Pyrophosphatase in the organ is strongly inhibited by fluoride and, for this reason, fluoride preserves the pyrophosphate. On the other hand, without the fluoride, initially formed pyrophosphate is split ; this explains the appearance of two moles of inorganic-phosphate for every mole ACh synthesized and ATP used, in contrast to a nonformation of orthophosphate with fluoride present.

The reaction therefore involves a pyrophosphate split of ATP, leaving AMP as

the product of reaction :

$$ATP + CoA + Acetyl \sim \rightleftharpoons AMP + PP + Acetyl\sim CoA \quad (1)$$

In present experiment with choline as acetyl acceptor, acts catalytically, being recovered in the second and irreversible reaction :

$$Acetyl\sim CoA + Choline \rightleftharpoons CoA + Acetyl\sim Choline \quad (2)$$

This formulation was borne out by the results of the experiment by Lipmman. There, with fluoride present ATP disappearance and choline acetylation are balanced by a formation of AMP and pyrophosphate. Pyrophosphate was determined by the manganese precipitation of Kornberg (1950) and more rigorously identified by use of a crystalline preparation of pyrophosphatase (Kunitz 1952). AMP was determined spectrophotometrically (Kalckar 1947) using Schmidt's deaminase. ATP was assayed enzymatically according to Kornberg's technique (1950) (to detect the disappearance of ATP, the enzymatic method had to be used). The easily hydrolyzable phosphate remained uncharged as was to be expected for a decomposition of ATP to inorganic pyrophosphate.

Analogous experiments were carried out with electric organ extract of *N. japonica* where likewise, with the system ATP-CoA acetate-hylomine by Lipmann, equivalence of AMP and pyrophosphate formation with disappearance of ATP and ACh formation were observed.

In order to further clarify the mechanism, the possibility of reactions between (a) ATP and CoA and (B) between acetyl CoA and pyrophosphate of CoA-pyrophosphate as an intermediary and make more cautions and leave still open the alternative of an enzyme-bone intermediately.

The reversibility of over-all effects could be shown most clearly in following manner. Acetyl phosphate was used with transacetylase as acetyl feeder to CoA. The thus-formed acetyl~CoA reacted with AMP and pyrophosphate to form ATP, while orthophosphate in place of pyrophosphate showed no reaction :

$$Acetyl \sim ph + CoA \xrightarrow[transacetylase]{} acetyl \sim CoA + ph \quad (3)$$

$$Acetyl \sim CoA + PP + ATP \rightleftharpoons ATP + CoA + Acetyl \quad (4)$$

Using the organ enzyme and transacetylase and applying methods similar to those described, the disappearance of 5μM of acetyl phosphate was balanced by the appearance of 6.5 μM of ATP, while at the same time, 7.7 μM of AMP disappeared. The experiment shows that, by way of acetyl CoA and pyrophosphate, energy-rich acyl bonds may rather easily be converted to energy rich phosphate bonds of ATP.

D. Historical considerations of acetylation problem relating to acetylcholine synthesis.

The second line of investigations, in which enzyme activity could be correlated

with events in the living cell recorded by physical methods, is based on the energy transformations involved and on thermodynamic considerations. If the release and removal of ACh are associated with the primary alternations of the nerve membrane during the passage of the impulse, then the primary source of the chemical energy released during the recovery process should be used for the resynthesis of ACh.

The most readily available source of energy in living cells is that released by energy-rich phosphate bonds. Phosphocreatine, the main "storehouse" of energy-rich phosphate bonds in muscle, is also present in nerves. The electric organ offers a suitable material for investigation on the chemical reactions which supply the energy for the action potential. Both electric and chemical energy are within the range of measurment, whereas, in ordinary nerves such an analysis is difficult. It is generally accepted that the nature of the discharge is basically identical with the action potential of nerve and muscle. The cellular units of the electric organ are the electric plates. The potential difference developed by a single plate is about 0.1 volt, which is of the same order of magnitude as that found in ordinary nerves. All other electrical characteristics show also similar typical features. However, the plates are arranged in series. It is this special arrangement of the units in series like in voltaic pile by which these organs are distinguished from ordinary nerves and are capable of producing the high voltage.

Before discussing about sequence of energy transformations and correlation between electrical events and chemical reactions, and also, integrations of acetylcholine into metabolic cycle of the nerve cell, I would like to consider historical aspects of acetylation problem, which closely associated with the biosynthesis of acetylcholine.

The most important event during the development of acetylation problem, by Lipmann's brilliant work, was the accidental observation that, in the *L. delbrueckii* system, (1936), pyruvic acid oxidation was completely dependent on the presence of inorganic phosphate. This observation was made in the course of attempts to replace oxygen by methylene blue. To measure the methylene blue reduction manometrically, Lipmann had to switch to a bicarbonate buffer instead of otherwise routinely used phosphate. In bicarbonate, to his surprise, pyruvate oxidation was very slow, but the addition of a little phosphate caused a remarkable increase in rate. Then it appeared that the reaction was really fully dependent on phosphate.

In spite of such a phosphate dependence, the phosphate balance measured by the ordinary Fiske-Subbarow procedure did not at first indicate any phosphorylative step. Nevertheless, the suspicion remained that phosphate in some manner was entering into the reaction and that a phosphorylated intermediary was formed. As a first approximation, a coupling of this pyruvate oxidation with adenylic acid phosphorylation was attempted. And, indeed, addition of adenylic acid to the

pyruvic oxidation system brought out a net disappearance of inorganic phosphate, accounted for as adenosine triphosphate. In parallel with the just developing fermentation picture, Lipmann concluded that the missing link in the reaction chain was acetyl phosphate. In partial confirmation it was shown that crude preparation of acetyl phosphate, synthesized by the old method of Kammerer & Carius (1864) would transfer phosphate to adenylic acid. However, it still took quite some time from them on to identify acetyl phosphate definitely as the initial product of pyruvic oxidation in this system (Lipmann, 1940, 1944). Most important during this and later work was the development of procedures (Lipmann & Tuttle, 1944) and in particular of the very handy hydroxamic acid method (Lipmann & Tuttle, 1944) for the determination of acyl phosphates and other reactive acyl derivatives.

At the time these observations were made, about a dozen years ago, there was, to say the least, a tendency to believe that phosphorylation was rather specifically coupled with the glycolytic reaction. Here, however, Lipmann and his associates had found a coupling of phosphorylation with a respiratory system. This observation immediately suggested a rather sweeping biochemical significance, of transformations of electron transfer potential, respiratory or fermentative, to phosphate bond energy, and therefrom to a wide range of biosynthetic reactions (Bentley, 1948).

There was further unusual feature in this pyruvate oxidation system in that the product emerging from the process not only carried an energy-rich phosphoryl radical such as was already known, but the acetyl phosphate was even more impressive through its energy-rich acetyl. It rather naturally became a contender for the role of "active" acetate, for the wide-spread existence of which the isotope experience had already furnished extensive evidence. It became, therefore, quite attracted by the possibility that acetyl phosphate could serve two rather different purposes, either to transfer its phosphoryl group into the phosphate pool, or to supply its acetyl donor as well as phosphoryl donor, such as indicated by Bentley's early experiments on cleavage of acetyl phosphate in H_2O (Bentley, 1948).

These two novel aspects of the energy problem, namely (i) the emergence of an energy-rich phosphate bond from a purely respiratory reaction, and (ii) the presumed derivation of a metabolic building-block through this same reaction, prompted Lipmann's group not only to propose the generalization of the phosphate bond as a versatile energy-distributing system, but also to aim from there toward a general concept of transfer of activated groupings by carrier as the fundamental reaction in biosynthesis (Lipmann, 1946). Although in the related manner the appearance of acetyl phosphate as a metabolic intermediary first focused attention to possible mechanisms for the metabolic elaboration of group activation, it soon turned them that the relationship between acetyl phosphate and acetyl transfer was

much more complicated than anticipated.

Since a better understanding of the mechanisms of group activation seemed to become a most urgent problem in biosynthesis, Lipmann now set out to find a suitable system to check on the assumption that acetyl phosphate represented active acetate. After working out a relatively easy method to prepare the compound (Lipmann, 1944, Stadtman & Lipmann, 1950), a first unexpected difficulty arose when it appeared that animal tissues contained rather generally a very active, specific, and heat-stable acetyl phosphatase (Lipmann, 1945, Lipmann, 1946). In crude preparations of muscle, liver, and other tissues, the half-life of acetyl phosphate is only a few minutes.

This strange activity in animal tissues made tests with this substance very difficult. In looking for a sensitive method to study acetyl transfer, the acetylation of aromatic amines was chosen eventually as a most promising and technically easy procedure. Lipmann and his coworkers were furthermore, quite confident that any result obtained with this method could be generalized over the whole metabolic territory concerning the transfer of active acetate, including such reactions as citrate, acetoacetate, and lipid synthesis. Acetylation of sulfonamide had been found to occur in rabbit liver slices (Sykes, 1944, Klein & Harris, 1938). However, for their purposes, they had to eliminate cell membrane barriers to test for the activity of complex intermediary metabolites. Although acetylation was found with rabbit liver homogenate, the reaction was rather weak. In search of a more active system, pigeon liver homogenate was tried and found to harbor an exceedingly potent acetylation system (Lipmann, 1945, Sykes, 1944). This finding of a particularly active acetylation in cell-free pigeon liver preparations was most fortunate and played quite an important part in the development of the acetylation problem.

Lipmann and his associates eventually arrived at the point where the desired test for acetyl phosphate as an acetyl precursor could be performed. Although the acetyl phosphatase activity of the pigeon liver homogenate was considerable and, to some extent, obscured the test with acetyl phosphate, it became, nevertheless, clear to them that in this preparation, acetyl phosphate did not furnish active acetate (Lipmann, 1945). Under anaerobic conditions the massive concentrations of acetyl groups for the acetylations of sulfonamide could be derived under conditions where an easy acetylation occurred with a respiring homogenate.

It furthermore appeared that, as an energy source, the particle-bound oxidative phosphorylation of the kind observed first by Kalckar (1938) could be replaced by ATP, as had first been observed with the acetylation of choline in brain preparation by Nachmansohn and his groups (1943). Using ATP and acetate as precursors, it was possible to set up a homogenous particle-free acetylation system obtained by extraction of acetone pigeon liver. In this extract likewise acetyl phosphate was

unable to replace the ATP-acetate as acetyl precursor.

In spite of this disappointment with acetyl phosphate, its decision to turn to a study of acetylation started then to be rewarding in another way. During these studies he became aware of the participation of a heat-stable factor which disappeared from his enzyme extracts on aging or dialysis. This cofactor was present in boiled extracts of all organs as well as in micro-organisms and yeast. It could not be replaced by any other known cofactor. Therefore, it was suspected that they were dealing with a new coenzyme. From then on, for a number of years, the isolation and identification of this coenzyme came the prominent task of Lipmann's laboratory. The problem now increased in volume, and it was his fortune that a group of exceedingly able people were attracted to the laboratroy ; first Tuttle, then Kaplan, and shortly afterward Novelli. More recently, Soodak and Gregory and quite a few others have made here most important contributions to the advance of this problem.

Finding pig liver a good source for the coenzyme, Lipmann set out to collect a reasonably large quantity of a highly purified preparation and then to concentrate on the chemistry with this material. In this analysis Lipmann paid particular attention to the possibility of finding in this obviously novel cofactor one to the vitamins, then not as yet metabolically identified. In this task they were very fortunate to have the help of the great experience of Willams's laboratory. The appearance of a vitamin B in the preparation was, of course, a most exciting event for this study and gave it further confidence. It was still felt, however, slightly dissatisfied with the proof for pantothenic acid. Therefore, to liberate the chemically rather unstable pantothenic acid from CoA, they made use of observations on enzymatic cleavage of the coenzyme. Two enzyme preparations, intestinal phosphatase and an enzyme in pigeon liver extract, had caused independent inactivation. It then was found that through combined action of these two enzymes pantothenic acid was liberated (Kaplan & Lipmann, 1949).

The two independent enzymatic cleavages indicated early that in CoA a phosphate link, linking presumably to one of the hydroxyl groups in pantothenic acid. The other moiety attached to pantothenic acid, which cleaved off by liver enzyme, remained unidentified for a long time. In addition to pantothenic acid, the sample of 40 percent purity had been found to contain about 2% sulfur by elementary analysis and identified by cyanide-nitroprusside test as a potential SH-grouping (Novelli and Lipmann, 1949). Furthermore, the coenzyme preparation contained large amounts of adenylic acid (Novelli, 1949). In the subsequent elaboration of the structure, the indications by enzyme analysis for the two sites of attachment to pantothenic acid have been most hopful. The phosphate link was soon identified as a pyrophosphate bridge (Novelli, Kaplan, & Lipmann, 1950). 5—Adenylic acid was identified by Novelli (1953) as an enzymatic split product

and by Baddiley (1951), through chemical cleavage. At the same time, Novelli made observation that indicated the presence of a third phosphate in addition to the pyrophosphate bridge. These indications were confirmed by analysis of a nearly preparation that was obtained by Gregory (1952) from *Streptomyces*

Table 25. Coenzyme A-catalyzed acetyl transfer reactions

TYPE OF REACTION	ENZYME SYSTEMS, EXTRACTS
Donor Systems :	
ATP—acetate—CoA—acetyl—CoA	pigeon liver, yeast
phospho—transacetylation, ac—P—CoA⇌ac—CoA→P	*Clostridium kluyveri, Escherichia coli*
formo—transacetylation, pyruvate—CoA⇌ac—CoA→formate	*Escherichia coli*
transacetylase :	
ac—CoA + — butyrate⇌butyryl—CoA + acetate	*Clostridium klutveri*
acetoacetate	pigeon liver
citrate in reverse	pigeon liver
acetaldehyde + CoA + DPN⁺ →ac—CoA + DPNH + H	glyceraldehyde dehydrogenase
	Escherichia coli
	Clostridium kluyveri
pyruvate + CoA + DPN→ac—CoA + DPNH + CO_2 + H	*Escherichia coli, Streptococus faccalis*
	heart and muscle
Acceptor Systems, Acetokinases:	
aromatic amines	pigeon liver
choline	rat brain
histamine	pigeon liver
amino acids	*Clostridium kluyveri*
glucosamine	pigeon liver
Condensation :	
acetoacetate	pigeon liver
citric acid	pigeon liver, yeast, heart
pyruvate	*Escherichia coli*
Succinyl Transfer	
Donor System :	
ketoglutarate + DPN + CoA→ succiny—CoA + DPNH + H^+	heart muscle
ATP—succiinate	*Escherichia coli*
Acceptor System :	
heme synthesis	red cells hemolysate
Benzoyl Transfer hippuric synthesis	rat liver
Stearyl Transfer phospholipid synthesis	rat liver
Complex Reaction Systems :	
fatty acid synthesis	*Clostridium kluyveri* extracts
butyrate oxidation	*Clostridium kluyveri* extracts
fatty acid oxidation	liver homogenate
steroid and fat synthesis	resting yeast cells
	liver slices

fradias in collaboration with the research group at the Upjohn Co. (1950). The generous help of the Upjohn Laboratories has been of great importance for the final identification of the structure of CoA.

Through analysis and synthesis, Baddiley now identified the point of attachment of the phosphate bridge to pantothenic acid in 4—position (1951), and Novelli *et al.* (1953) completed the structure anaylsis by enzymatic synthesis of "dephospho-CoA" from pantotheine—4′—phosphate and ATP. Furthermore, the attachment of the third phosphate was identified by Kaplan (1953) to attach in 3—position on the ribose of the 5—adenylic acid. Therefore, the structure was established.

Parallel with this slow but steady elaboration of the structure, all the time Lipmann's group explored intensively metabolic mechanisms in the acetylation field. By use of enzymatic assay, CoA was found to be present in all living cells, animals, plants, and micro-organisms (1948), made it clear that CoA represented the only functional form of this vitamin.

The first attempts to explore further the function of CoA were made with pantothenic acid-deficient cells and tissues. A deficiency of pyruvate oxidation in pantothenic acid-deficient *Proteus morganii*, and early isolated observation by Dorfman (1942), and Hill (1943), now fitted rather well into picture.

A parallel between CoA levels and pyruvate oxidation in *P. morganii* was demonstrated (Novelli & Lipmann, 1947). Using pantothenic acid-deficient yeast Novelli *et al.* (1948) demonstrated a CoA—dependence of acetate oxidation, and Olson & Kaplan (1948) found with duck liver a striking parallel between CoA content and pyruvic utilization.

But more important information was being gathered on the enzymatic level. The first example of a generality of function was obtained by comparing the activation of apoenzymes for choline and sulfonamide acetylation respectively, using Lipmann's highly purified preparations of CoA (1949). Similar activation curves were obtained for the two respective enzymes. Through these experiments, the heat stable factor for choline acetylation that had been found by Nachmansohn & Behman (1946) and by Feldberg & Mann (1946) and Kuwabara (1954) was identified with CoA.

The next most significant step toward a generalization of CoA function for acetyl transfer was made by demonstrating its functioning in the enzymatic synthesis of acetoacetate. The CoA effect in acetoacetate synthesis was studied by Soodak (1948), who obtained for this reaction a reactivation curve quite similar to the curves for enzymatic acetylation. Soon afterwards Stern & Ochoa (1949) showed a CoA—dependent citrate synthesis with a pigeon liver fraction similar to the one used by Soodak for acetoacetate synthesis. In Lipmann's laboratroy, Novelli *et al.* conformed and extended this observation with extracts of *Escherichia coli* (1950).

In the course of this work, which more and more clearly defined the acetyl transfer function of CoA, Novelli once more tried acetyl phosphate. That in *E. coli* extracts, in contrast to the animal tissue, acetyl phosphate as acetyl donor for citrate synthesis was more than twice as active as ATP-acetate (Novelli & Lipmann, 1950) Acetyl phosphate, therefore, functioned as a potent microbial acetyl donor. Acetyl transfer from acetyl phosphate, like that from ATP-acetate, was CoA-dependent. Furthermore, a small amount of "microbial" conversion systems (Stadtman, Novelli & Lipmann, 1950). Eventually the microbial conversion factor was identified by Stadtman *et al.* (1950) with transacetylase first encountered by Stadtman & Barker in extracts of *Clostridium kluyveri* (1950) and likewise, although not clearly defined as such, in extracts of *E. Coli* and *C. butylicum* by Lipmann & Tuttle (1945).

The definition of such a function was based on the work of Doudoroff *et al.* (1950) on transglucosidation with sucrose phosphorylase. Their imaginative use of isotope exchange for closer definition of enzyme mechanisms has been most influential. Like glucose-phosphate with sucrose phosphorylase, acetyl phosphate with these various microbial preparations equilibrates its phosphate rapidly with the inorganic phosphate of the solution. As in the Doudoroff *et al.* experiments, first a covalent substrate enzyme derivative had been proposed (1947). However, then Stadtman *et al.* (1950), with the new experience of CoA-depenent acetyl transfer, could implicate CoA in this equilibration between acetyl- and inoganic phosphate and thus could define the transacetylase as an enzyme equilibrating acetyl between phosphate and CoA :

$$\text{Acetyl} \sim \text{OPO}_3^{=} + \text{CoASH} \xleftarrow{\text{transacetylase}} \text{acetyl} \sim \text{SCoA} + \text{HOPO}_3^{=}$$

In the course of these various observations, it became quite clear that there existed in cellular metabolism an acetyl distribution system centering around CoA as the acetyl carrier that was rather similar to the ATP-centered phosphoryl distribution system. The general pattern of group transfer became recognizable, with donor and acceptor enzymes being connected through the CoA $\rightleftharpoons$ acetyl CoA shuttle. A clearer definition of the donor-acceptor enzyme scheme was obtained through acetone fractionation of Lipmann's standard system for acetylation of sulfonamide into two separate enzyme fractions, which were inactive separately but showed the acetylation effect when combined. A fraction, A—40, separating out with 40% acetone, was shown by Ochoa (1952) to contain the donor enzyme responsible for the ATP—CoA-acetate reaction, whereas with more acetone, the acceptor function, A—60 precipitated, the acetoarylaminekinase. The need for a combination of the two for over-all acetyl transfer. This showed that a separate system was responsible for acetyl CoA formation through interaction of ATP, CoA,

and acetate and that the over-all acetylation was a two step reaction :

$$ATP + CoA + Acetate \rightleftarrows Aceyl \sim CoA + AMP + Pyrophosphate \quad (1)$$

$$Acetyl \sim CoA + Arylamine \rightarrow Acetyl \sim Arylamine + CoA \quad (2)$$

These observations crystallized into the definition of a metabolic acetyl transfer territory as pictured in Fig. 10. This picture had developed from the growing understanding of enzymatic interplay involving metabolic generation of acyl CoA and transfer of the active acyl to various acceptor systems. A most important, then still missing link in the picture was supplied through the work of Lynen (1952) who chemically identified acetyl CoA as the thioester of CoA. There with the thioester link was introduced as a new energy-rich bond, and this discovery added a very novel fact to understanding of mechanism of metabolic energy transformation.

In spite of many similarities between the general aspects of group transferring phosphoryl and acetyl groupings, there is a considerable difference in so far as the grouping transferred in the acetyl territory is an organic grouping and displays a quite different versatility for condensation reactions, yielding eventually large and complex carbon structures. There is one feature in this picture that always has attracted Limpann's groups particular attention : the two fold type of activation involving (1) and carboxyl end, or the "head," of the acetyl and (2) its methyl, or "tail", end.

The definition of the head reaction is relatively simple, acetylation of choline is a typical head reaction. There is to be mentioned, furthermore, the observation by Chantrene (1951), introducing CoA as a rather general catalyst of acyl activation. He demonstrated the activity of CoA in benzoyl transfer such as hippuric acid synthesis. The mechanism of this synthesis was elaborated recently by Taggart (1953), introducing CoA as a rather general catalyst of acyl activation. The mechanism of this synthesis was elaborated recently by Taggart (1953), who clearly defined benzoyl CoA as the benzoyl donor in this reaction. As even greater and more prominent generalization is offered through the more and more developing importance of succinyl CoA in intermediary metabolism.

The second type, the methyl end engages in an aldolase type of condensation with the carbonyl group of the oxaloacetate as acceptor. This condensation requires an energy input that must be derived from the thioester link, and at the end of the reaction CoA appears to be liberated in some manner.

The complexity of the citrate condensation is emphasized through the existence of an ATP-CoA-citrate reaction recently observed by Srere *et al.* (1953), which results in the disruption of citrate to oxaloacetate and acetyl CoA.

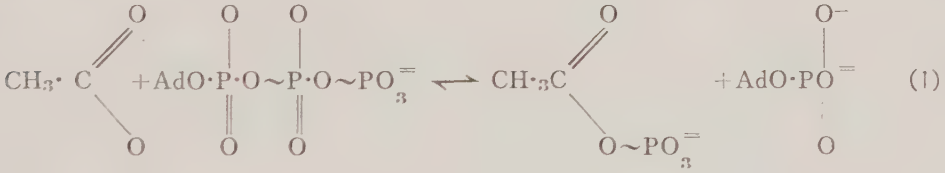
$$CoA + ATP + citrate \rightleftharpoons acetyl.\ CoA + oxaloacetate + ADP + P$$

The mechanism remains still to be understood in greater detail. The reaction is mentioned here because it introduced the new variety into the citric acid cycle

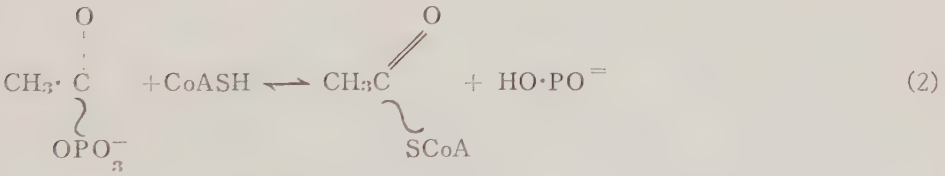
through a conversion of phosphoryl via citrate into acetyl.

For a long time the citrate reaction was the only known tail condensation. however, recently another interesting example has developed in the study of the precursors in steroid and isoprene synthesis. The initial condensation product in this series appears to be β-methyl, β-hydroxyglutarate (dicrotonic acid), formed through condensation of acetoacetate with acetyl CoA. This initial condensation seems to be followed by decarboxylation and dehydration to β-methyl crotonic acid first demonstrated by Bonner *et al.* (1949) as intermediary in rubber synthesis.

In the recent past Lipmann and his associates have been mostly occupied with the mechanism through which the phosphate bond in ATP converts to acetyl bond in acetyl CoA. In animal tissue where acetyl phosphate appeared not to be an intermediate, the conversion mechanism remained very puzzling for a long time. Before considering this reaction, it will be advantageous to review first the microbiological mechanism of such interconversion and in particular the role of acetyl phosphate as an intermediary. This transformations is rather straight forward: A sequence of two independent enzymatic reactions, the first a transphospharylation from ATP to acetate and the second, discussed, a transacylation from acetyl phosphate to CoA :



(1)



(2)

It should be noted that in the first transphosphorylation step the acetyl phosphate cleaves and condenses between O and P. In the second transacylation reaction, however, acetyl phosphate cleaves and condenses between C and O., Thus the same molecule reacts on each side of the oxygen bridge between the carbon and the phosphorus. This shift of the site of cleavage in the sequence is significant. This possibility attracted Lipmann's group early attention and was one of the reason that prompted them into this whole exploration. A shift from P—O to PO—C should actually be a feature of many condensations initiated by a phosphoryl split from ATP. These become increasingly numerous, such as in glutamine, glutathione, pantothenate, and seemingly in protein synthesis. The finer mechanism generally is obscured by enzyme-bound steps. In all the reactions, however, somewhere

along the line a shift from transphosphorylation to transacylation seems to be inherent. This shift stands out very clearly in the microbial two-step reaction. But in animal tissue, the energy transmission from phosphoryl to acetyl occurs through a continuous enzyme bound reaction which is more difficult to elucidate. Nevertheless, some progress has been made, which also starts to reflect on other mechanisms of this type.

CONCLUSION

If ACh is responsible for the transient change in permeability, it must be rapidly inactivated. This inactivation is performed through hydrolysis by enzyme, AChE. Intimate knowledge of the properties of this enzyme is therefore fundamental.

Several features of the AChE appear to be of physiological significance. The type of esterase present in conductive tissue is distinctly different from other esterases occurring in the tissue. The enzyme in present in every conductive tissues throughout the whole animal kingdom, shows some properties. It has been demonstrated in all types of nerve, central and peripheral, motor and sensory, so-called cholinergic and adrenergic, vertebrate and invertebrate, and in muscle tissue free of nerves. Recently it has been demonstrated in the *Tetrahymena geleii*, a unicellar organism with ciliary movements. (Seaman 1951) The outstanding of physiological feature of the enzyme is the high speed of hydrolysis. The turnover number is of the same order of magnitude of 20 millions, that means that 1 molecule of enzyme may split 1 molecule of ACh in about 3 to 4 microseconds. On the basis of electrical sign it must be postulated that the elementary process occurs within less than 100 microsconds. The prequisite for connection a chemical reaction directly with the electrical manifestation is a similar speed of the reaction. The high turnover number of AChE satisfies this postulate and makes it possible to associate this specific reaction with the elementary process of conduction. Although several other compounds have been associated with nerve activity, for none of them a chemical reaction of a comparable speed has been demonstrated. This system is therefore, the only one which at present can be associated directly with the electrical events. Another interesting feature is the high concentration of the enzyme and its localization in the surface. No activity is detectable in the axoplasm (Boell & Nachmansohn, 1944). Since bioelectrical potentials are surface phenomena, this localization is pertinent, especially since in contrast to AChE most respiratory enzymes are located in the axoplasm.

The presence in conductive tissue of a special type of esterase AChE, which has a high affinity to ACh, the ubiquity of this enzyme in all types of conductive tissue through out the whole animal kingdom, the extraordinary high speed of the

enzyme reaction and the exclusive localization in the axonal surface, all these properties are suggestive and to make possible the assumption that the enzyme and its substrate are important for conduction, but they do not prove such a role. For necessary to demonstrate a direct relationship with this function. A frequent method of testing the necessity of a chemical reaction for a cellular function is block of this reaction by specific inhibitions. The well known classical example which profoundly influenced the development of muscular physiology is Lundsgard's demonstration that lactic acid formation may be blocked by monoiodoacetate while contraction is still continuing.

If the release and removal of ACh are essential for conduction, inhibition of AChE should block this function. In 1945 it has been demonstrated that eserine, a specific inhibitor of AChE, blocks conduction when applied to the nerve (Bullock, Nachmansohn, & Rothenberg, 1946)

The effect is readily reversible, as should be expected in view of the reversibility of the enzyme inhibition. Discovery of a group of compounds, the alkyl phosphates, which inactivate AChE irreversibly, initiated a dramatic development. Observations were described, in 1946, which seemed to contradict the assumption of the essentiality for AChE in conduction. Some investigators thought that it was possible to inactivate the enzyme completely when the nerve was still able to conduct (Nachmansohn, & Jhone, 1949). These results did not withstand a more critical approach. The most widely used compound for these studies testing the function of the enzyme in conduction was diisopropyl fluorophosphate (DFP).

The inhibition of AChE by this compound is a slowly progressive process. A most striking parallelism between the rate of inhibition of AChE and the progressive rate of abolition of conduction has been demonstrated as a function of time as well as a function of temperature (Bullock *et al.*, Grundfest, *et al.* 1946, '47). Under no condition is it possible to dissociate conduction from AChE activity. The failure of earlier investigation to detect enzyme activity in nerves exposed to DFP may be attributed to the small absolute amounts of enzyme required for function. In view of the small amount of energy involved this is not surprising. The initial enzyme concentration is in considerable excess of the minimum required, as may be expected on the basis of experience with other enzymes. In recent experiments of Nachmansohn's laboratory, AChE activity has been determined on the intact nerve and conduction measured simultaneously. Conduction failed long before AChE activity stopped (Wilson, 1953).

The inhibition of AChE leads to a block of conduction in all types of nerves, motor and sensory nerves, adrenergic as well as cholinergic, vertebrate and invertebrate. The motility of unicellular organisms (*Tetrahymena geleii* S) is also blocked by specific inhibition of AChE (Seaman & Houlihan, 1951).

The use of inhibitors of the enzyme and especially the use of DFP has given

an unequivocal answer to the question of the especially the use of DFP has given for conduction. Whereas the first observations with DFP appeared to be a challenge role of the enzyme, the further development has conclusively established that conduction is impossible if the enzyme is inactivated.

The next step was the demonstrated that energy released by the breakdown of phosphocreatine is adequate to account for the total electric energy released by the discharge. It is known from the studies on the intermediate metabolism with muscle contraction that energy certain phosphorylated compounds is the most readily available source of energy for endergonic processes. The work of Meyerhof and Lohman suggested that ATP might be the primary source of energy for muscle contraction and that the ADP formed was rephosphorylated by phosphate of phosphocreatine,a transfer which occurred without loss of eneryg. Phosphocreatine thus acts as a kind of storehouse for supplying phosphate for rapidly building up ADP to ATP. Although the breakdown of phosphocreatine would provide enough to account for the total energy released by the discharge, there is addition, energy released to the simultaneous formation of lactic acid. It may be assumed that energy release during lactic acid formation is used as in muscle for rephosphorylating creatine. The sum of the two reactions of the energy supplied by phosphorylated compounds rich in energy ; this amount is greater than required to account for total electric energy released. It is, however, possible and indeed possible, that sort of the energy released is used not for the intermediate process of recovery, but for the restration of the ionic concentration gradient which provides the primary energy source of the action potential.

It is safe to assume that, as in muscle, the break down of ATP during nerve activity preceded that of phosphocreatine. It is today generally accepted that ATP reacts directly with the structural muscle protein in the elementary process of contraction. However, it appeared mostly unlikely for many reason that ATP was responsible for the change in permeability postulated in the elementary process of conductions. It would be indeed suprising that the same compound and nerve impulse conduction, two functions of so entirely different as order of magnitude in regard to energy requirements and speed involved. On the losses of the available evidence it appeared more likely that the action of ACh was directly responsible for the alternations of the membrane required for the generation of the actions potential and that these reactions occurred prior to breakdown of ATP. The latter would then be a recovery process supplying the energy for the resynthesis of ACh hydrolyzed during activity, in other words, provides the energy for acetylation. It was shown that cell free extract of electric tissue might acetylate choline in presence of ATP. These experiments were the first demonstration that ATP provided energy for synthetic reaction outside the glycolytic cycle in addition of its role in muscle contraction. It initiated intensive studies in many laboratories on the

mechanism of acetylation generally.

The acetylating enzyme requires a coenzyme, later called CoA. It is well established that the first step of acetylation in the electric tissue is the formation of acetyl CoA by an enzyme referred to acetylkinase using energy of ATP. The mechanisms on this formation of acetyl CoA has been recently investigated jointly by Lynen and Lipmann. In bacterial cell acetyl CoA is formed from acetyl phosphate by enzyme phosphotransacetylase. The acetyl group is then transferred from acetyl CoA to acceptors through the action of enzyme more or less specific for acceptor. Cholineacetylase transfers the acetyl group from acetyl CoA to choline. CoA mediates a great number of key reactions in intermediate metabolism, as for instance the condensation of oxaloacetic and acetic acid to citric acid shown by Ochoa and his associates, or various steps in fatty acid cycle investigated mainly by Lynen, Ochoa, Green, and their associates.

It may be of interest to discuss the differnce between rates of ACh formation and hydrolysis. For an understanding of the problem, the decisive difference which has to be considered is not the difference of rates, but the difference of function. There is a fundamental difference between the function of AChE and ChAcE. If the release of ACh is an essential event in the alternations of the membrane during the passage of the impulse, then the active ester has to be destroyed within a millisecond so that the resting condition may be restored. Therefore, the enzyme which removes the active ester, AChE, has to be very active, but only during this brief period, and may then be inactive until the passage of the next impulse. The formation of ACh, on the other hand, need not be such a rapid process. It is generally assumed that the active ester is released from an inactive form.

This is supported by the fact that the primary energy released during recovery is used for the synthesis of ACh, thus impling that the synthesis is a slow recovery process. It is, therefore, not difficult to assume that the period required for the formation is longer than that for the hydrolysis of the same amount, according to the kind of nerve, its condition, temperature, and so on.

From all these investigations emerged the following picture, which integrates ACh into the metabolic cycle of the electric tissue and indicates the sequence of energy transformations. The ionic concentration gradient is the primary energy source of the action potential. ACh acts as the trigger which opens the barrier to the entrance of Na and makes the potential source of energy effective. Our group must postulate again that at least different proteins react with ACh and are thus involved in the elementary process. ACh must be, in resting condition, present in an inactive form and bound to a protein or lipoprotein, protected hereby against the action of AChE. Even for ATP, which is much less active compound, it is today generally assumed that it is present in the cell in a bound form. When the

stimulus reaches the active membrane, ACh is released. This release may easily be effected by ions, possibly hydrogen ions activated in their movement by the current.

The protein to which ACh is bound in the resting state is one of the three proteins involved. Once release, the free ester must act on a second protein, the so called receptor protein. It is the change of this second protein effected by the ester which opens the barrier. Having produced this effect the ester which in its free form is suspectable to attack by the third protein, the AChE, is hydrolyzed by the enzyme. The rapid inactivation of the ester by the enzyme makes possible the restitution of the membrane to its initial state. It is only in the recovery period that the other chemical reactions indicated in the figure take place. Except for the first steps associated with the primary reactions of the ester with the proteins of the membrane and later its resynthesis, the metabolic cycle in the conductive process resembles that accepted for muscular contraction.

It is not surprising that the first differs so strongly in view of the fundamental difference between conduction and contraction : The first gear driving the primary process of muscle contraction must be more powerful but may be slower than that driving the primary process of the impulse conduction. In the sequence of all the energy transformations, that linked to ACh is by far the fastest, but releases a relatively small amount of energy.

All these observations taken together are a strong support for the assumption of ACh cycle in the electric tissue may not be conclusive. As a working hypothesis they integrate best our present knowledge.

SUMMARY

The acetylcholine cycle in the electric organ of the fish was analyzed with methods of biochemistry and especially enzyme chemistry ; the ester was integrated into the metabolism of whole neuron and associated with its primary function, with conduction.

Acetylcholinesterase activity has been determined by both biological and chemical methods ; especially Warburg manometric technique has been reported. A simple and rapid colorimetric method for the determination of acetylcholine and related ester has been described.

The methods for the second line of this investigation has been reported concerning assay method of coenzyme A, preparation of acetyl coenzyme and assay of the reaction mediated by cholineacetylase by nitroprusside test for the free -SH groups.

In most cases, the experiment has been carried out in Krebs' bicarbonate Ringer's solution(KRB).

The electric organ of the fish is a most favorable material correlating to

the electrical and chemical events for many reasones.

In spite of high concentration of enzyme, high water (92%) and low protein (1—2%) were contained in the electric organ of fish.

The previous literature on choline esterase has been exhaustively reviewed concerning the type, inhibitor, classification and distribution, and physiological function.

Slice and its homogenized electric tissue and cell free extract were prepared as enzyme solution.

Acetylcholinesterase activity was estimated on the electric organ of Japanese electric fish, *Narke japonica* and *Raja*.

The electric organ of *Raja pulchra* hydrolyzed mg. acetylcholine per g. dry tissue is 1400, which is more than 20 times as fast as that of some mammalian brain. Namely, organ can split in 60 min. as amount of ACh equivalent to 1—1.5 times as their own weight.

More powerful acetylcholinesterase activity has been obtained from electric organ of *Narke japonica*. The organ splits mg. ACh per mg. protein as follows : 45—80 (homogenate), 90—150 (cell free extract) and 200—300 (1st Amm. sulfate).

AChE activity was estimated in successive slice of a piece of the organ. The rhythmical change of enzyme activity has been obtained, corresponding to a change of the fine structure of the electric plate.

When enzyme activity was estimated with caudal muscle, the highest activity was found in *"lateral"* which might be transmitted to the electric organ. Optimum substrate concentration is pS, 2.3 (0.004M ACh) and optimum pH is about 8.

The higher concentration of the enzyme is, the lower its activity. The values obtained by both Hesterin's and Warburg method were compared and discussed. No effect has been obtained to AChE activity on addition of sugar as energy source. QACh values obtained by both manometric and colorimetric method were compared and discussed.

Physiological significance of acetylcholine esterase has been briefly discussed in connection with the role of the system acetylcholine-cholinesterase in the chemical mechanism of generation of bioelectricity and pharmacological effect of acetylcholine.

Second line of the investigation was pursued preliminarily under the assumption that choline should be readily acetylated by the action of coenzyme-apoenzyme system which has same role of condensing enzyme (KREBS) on that pyruvate-citrate reaction in TCA cycle. From the results obtained acetylation promotive factor in the electric organ should be identical to the coenzyme commonly such as in all the living organisms.

A method is described for assay of CoA. Electric organ extract which undergoes autolysis losses its ability recovered by addition of CoA. A unit of CoA is defined as that amount which reactivates Lipmann's sulfanilamide system

to half the maximum activity.

The isolation of CoA from the electric organ is described. CoA has been purified to certain degree by treatment with barium salts which precipitated the CoA. This preparation assayed 85 unit per mg. electric tissue.

Cholineacetylase could be extracted from electric organ cell free extract. In addition to ATP as energy source and choline and acetate as substrates, fluoride and eserine must be present in order to inhibite the action of ATPase and AChE respectively.

From one g of fresh electric tissue, enzyme solutions were obtained which form 210μg. of ACh per hour.

Choline-acetylating system of the electric organ has been purified and concentrated by fractional ammonium sulfate precipitation.

In this procedure 150—200 mg. of ACh formed per g. per hr.

Enzyme contains active sulfhydryl groups which are readily inactivated by monoiodoacetic acid in low concentration. The -SH groups are easily oxidized by air.

Presence of cysteine improves the yielde considerably and in sufficiently high concentrations may prevent any effct of oxygen.

Optimum condition of choline acetylating system has been determined. During synthesis of ACh, acetyl donor is one of key points of considerable problem on cholineacetylase.

In ACh synthesizing system of electric organ, the added acetate was found to be an essential component and the unique acetyl donor.

A pyrophosphate split of ATP, leaving AMP, as product of reaction :

$$\text{ATP} + \text{CoA} + \text{Acetyl} \rightleftharpoons \text{AMP} + \text{PP} + \text{acetyl-CoA} \qquad (1)$$

In present experiment with choline as acetyl acceptor, CoA acts catalytically, being produced in the second irreversible reaction :

$$\text{Acetyl-CoA} + \text{choline} \rightleftharpoons \text{CoA} + \text{acetylcholine} \qquad (2)$$

Acetylation problems developed by mainly Lipmann's brilliant investigation were considerated in detail relating to acetylcholine synthesizing system.

General discussion and conclusions of the present investigation has explained new conception concerning integration of acetylcholine in metabolic cycle of the electric organ of the fish.

BIBLIOGRAPHY

Abdon, N. O. & Uvnas, B., Skand. Arch. Physiol., **76**, 1 (1937)
Adams, D. H. & Whitaker, V. P., Biochim. et Biophys. Acta, **4**, 543 (1950)
Adams, R. & Van Punren, B. L., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 2377 (1953)
Adrian, E. D., Oxford, Clarendon Press, (1947)
Aldridge, W. N., Biochem. J., **46**, 451 (1950)
———, & Davison, A. N., Biochem. J., **55**, 763 (1953)
* 1 Alles, G. A. & Hawes, R. C., J. Biol. Chem., **133**, 2, (1940)

, ——, R. C., J. Biol. Chem., **133**, 375 (1940)
Altamirano, M., Coates, C. W., Grundfest, H., Kao, C. V., & Nachmansohn, D., Federation Proc., **11**, (1952)
, ——, ——, ——, & Wilson, I. B., Federation. Proc., **12** (1952)
, ——, ——, ——, J. Gen. Physiol., **37**, 1, 91 (1953)
Altamirano, M., Schleyer, W. L., Coates, C. W. & Nachmansohn, D., Elsevier Publishing Co., (1954)
, ——, ——, ——, Biochim. et Biophys. Acta, **16**, 268 (1955)
Ambache, N., Pharmacol. Rev., **6**, 113 (1954)
* 2 Ammon, R., Pflügers Arch Ges. Physiol., **233**, 486 (1933)
Ashburn, L. L., U. S. Pub. Health Service, Pub. Health Reports, **55**, 1337 (1940)
Asper, S. P. Jr., Selenkow, H. A., & Plamondon, C. A., Bull. Johns Hosp., **93**, 164 (1953)
Auger, D. & Fessard, A., In Livro Hommagen aus Professores Alvaro a Miquel Qzorio de Almeida. Riode Janeiro, (1939)
, ——, Compt. und. Soc. Biol., **135**, 76 (1941)
* 3 Augustinsson, K. B., Acta Physiol. Scand., **15**, 52 (1948)
* 4 , & Nachmansohn, D., Sci., **110**, 98 (1949)
* 5 , Arch. Biochem., **23**, 111 (1949)
, & Nachmansohn, D., J. Biol. Chem., **179**, 543 (1949)
* 6 , The Enzyme, (J. B. Sumner & Myrback, K., ed.) ***1**, 1. (1950), **2**, 906 (1952)
Axelrod, A. E., Carter, B. B., McCoy, R. H. & Geisinger, R., Proc. Soc. Exper. Biol. & Med., **66**, 137 (1947)
, Metabolism, **2**, 1 (1953)

Babsky, E. B. & Kisljuk, B. M., Fiziol. Zhur., **24**, 746 (1938)
, & Minajev, P. F., Bjull. eksp. Biol. Med., **18**, No. 3, 58 (1944), **19**, No. 6, 26 (1945)
, & Korenevskaja, D. G., Bjull. eksp. Biol. Med., **22**, No. 9, 26 (1946)
, & Minajev, P. F., Nature, **158**, 343 (1946)
Bacq, Z. M., C. R. Soc. Biol., **120**, 247 (1935)
, Arch. int. Physiol., **42**, 47 (1935), **44**, 174 (1937)
, Ann. Physiol. Physicochem. Biol., **12**, 663 (1936)
, Proc. Roy. Soc. London, Ser. B., **123**, 418 (1937)
, & Nachmansohn, D., J. Physiol., **89**, 368 (1937)
, & Oury, A., Bull. I. Sci. Acad. Roy. Belg., (5) **23**, 891 (1937)
* 7 Baell, E. J. & Nachmansohn, D., Sci., **92**, 513 (1940)
Baddiley, J., Personal communication.
Baddiley, J. & Thain, E. M., J. Chem. Soc., 246 (1951), 246—251 (1951), 2253—2258 (1951b), 3421—3424 (1951c), 3783 (1952), 800 (1952), 1610 (1953)
, ——, Novelli, G. D. & Lipmann, F., Nature, **171**, 76 (1953)
Bader, R., Schütz, F., & Stacey, M., Nature, **154**, 183 (1944)
Baeyer, A., Ann. Chem. Pharm., (N. R.) **142**, 325 (1967)
Bain, J., J. Pharmacol. Exp. Therap, **110**, 2 (1954)
Balfour, W. E. & Hebb, C., J. Physiol., **118**, 94 (1952)
Baner, F. C., Jr. & Hirsch, E. F., Arch. Biochem., **20**, 242 (1949)
Banister, J., Whittaker, V. P., & Wijesundera, S., J. Physiol., **121**, 55 (1953)
Barbour, H. G. & Dickerson, V. C., J. Pharmacol., **65**, 281 (1939)
Barker, S. B., Physiol., Rev., **31**, 205 (1951)
Barker, H. A., Phosphorus Metabolism, **1**, 204 (1951)
, Liebermann, I. & Katz, J., J. Biol. Chem., **200**, 417 (1952)
Barlow, R. B. & Ing, H. R., Nature, **161**, 718 (1948)
Barnard, R. D., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **54**, 254 (1943)
, Sci., **104**, 331 (1946)
Burron, E. S. G., Miller, Z. B., Burtlett, G. R., Meger, J. & Singer, J. P., Biochem.J., **41**, 69 (1947)
, , & Meyer, J., Biochem. J., **41**, 78 (1947)
——, & Singer, J. P., Sci., **97**, 356 (1943)
Batterman, R. C., Himmelsbach, S. K., J. Amer. Med. Assoc., **122** (1943)
Bayer, G. & Wense, J., Arch. exp. Path. Pharmakol., **182**, 533 (1936)
Bean, J. W. & Elwell, L. H., Amer. J. Physiol., **165**, 716 (1951)
Beaujard, P. Recherches sur-les alcaloides inhibiteurs de la cholin esterase (applications

toxicalogiques), Toulouse. (1944)
Bennet, A. L. & Chinbing, K. G., J. Pharmacol. Exp. Therap., **88**, 72 (1946)
Beinert, H., Von Korff, R. W., Green, D. E., Buyske, D. A., Handschumacher, R. E., Higgines, H., & Strong, F. M., J. Amer. Chem. Soc., **74**, 854 (1952)
—— —, & Green, D. E., J. Biol. Chem., **203**, 35 (1953)
Bender, M. B., Amer. J. Physiol., **126**, 11 (1939)
Bentley, A. R., Biol. **8**, 180 (1948)
Bergmann, M., du Vrgneand, V., & Zervas, L., Ber. Chem. Ges., **62**, 1909 (1929)
Bergami, G., Arch. ist. Biochem. Iral., **8**, 3 (1936)
———, Boll. soc. ital. biol. sper., **11**, 275 (1936)
Bergmann, F., Wilson, I. B., & Nachmansohn. D., J. Biol. Chem., **186**, 693 (1950)
———, ———, Biochim. et Biophys. Acta, **6**, 217 (1950)
, & Shimoni, A., Biochem. J., **55**, 50 (1953)
Berger, E. N., Med. Exp. Ukraine **7**, 58 (1939)
Berger, L., Slein, M. W., Colowick, S. P., & Cori, C. F., J. gen. Physiol., **29**, 379 (1946)
Berman, R., Wilson, I. B., & Nachmansohn, D., Biochim. et Biophys. Acta, **12**, 315 (1953)
Bernheim, F. & Bernheim, M. L. C., J. Pharmacol. **57**, 427 (1936), **58**, 427 (1936)
Biedermann, W., Electro-Physiol., London, MacMillan & Co., 1948, 2, Chapter XI, Electrical fishes, **357**
Bernoulli, P. & Blach, H., Helv. Chim. Acta **27**, 362 (1944)
Bessman, S., in preparation
Beveridge, J. M. R. & Lucas, C. C., Sci. **93**, 356 (1941)
Beznak, A. B. L. & Chain, E., Quart. J. Exp. Physiol., **26**, 201 (1937)
Binet, L. & Burstein, M., C.R. Soc. Biol., **140**, 241 (1946)
Birkhauser, H., Helv. Chim. Acta, **23**, 1071 (1940)
———, Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat. **46**, 185 (1941)
—, Schweiz. med. Wschr., **71**, 750 (1941)
, & Zeller, E. A., Helv. Chim. Acta, **23**, 1460 (1940)
Blaschko, H., Chov, T. C., & Wajda, L., Brit. J. Pharmacol., **2**, 108, 119 (1947)
———, ———, ———, ———, Biochem. J., **40**, 67 (1946)
* 8 Bloch, C., Physiol. Rev., **27**, 574 (1947)
* 9 Block, E. & Mecheles, H., Amer. J. Physiol., **122**, 631 (1938)
Bloch, H., Arch. Path. Pharmakol. **193**, 292 (1939)
———, Helv. Med. Acta 8, Suppl., **7**, 15 (1941)
* 10 ———, Helv. Chim. Acta ***25**, 793 (1942), **26**, 733 (1943)
———, & Hottinger, A., Z. Vitaminfersch, **13** (1943)
Bloch, K., Proc. Laurentian Hormone Conf., **6**, 111 (1951)
—, Helv. Chim. Acta., **36**, 1611 (1953)
———, Borek, E., & Rittenberg, D., J. Biol. Chem., **162**, 441 (1946)
Block, V. S., Rev. Canad. Biol., **5**. 311 (1946)
Bodansky, O., Ann. N. Y. Acad. Sci., **47**, 521 (1946)
Bohr, C., J. Physiol., **18**, 494 (1894)
Bonner, J. & Arreguin, B., Arch. Biochem., **21**, 109 (1949)
Bovet, D. & Santenoise, D., C. R. Soc. Biol., **135**, 844 (1941)
Bovet, F. & Bovet, D., Ann. Inst. Pasteur., **69**, 309 (1943)
Boyaersky, L. L., Tobias, J. M. & Gerard, R. W., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **64**, 106 (1947)
Bovet, D. & Bovet- Nitti, F., "Staucture et Activite Pharmacodynamique des Medicaments du System Nervenx Vegelatif," Karger, Basle. (1948)
———, ——— , Nitti, F., Rend. ist. super. sanita **12**, Parts 1—III. (1949)
———, ——— , , Symposium on Curare and Anti-Curare Agents. Ann. N. Y. Acad. Sci., **54**, 297 (1951)
Braoks, C. Mc. & Eccles, J. C., J. Neurophysiol., **10**, 349 (1947)
Bratton, A. C. & Marshall, E. K. Jr., J. Biol. Chem., **128**, 537 (1939)
Brauer, R. W., Rev. Gastroenterol., **12**, 185 (1945)
—, & Raot, M. A., Feder. Proc. Amer. Soc., Exp. Biol., **4**, 113 (1945), **5**, 168 (1946)
, , J. Pharmacol **88**, 109 (1946)
——— —, ——— , J. Physiol., **149**, 611 (1947)
Brecht, K. & Corsten, M., Arch ges Physiol., **245**, 160—169 (1941), (Pflüegers) **245**, 160 (1942)
Brindley, C. O., Federation. Proc., **3**, 5 (1944)
Briscoe, S. & Burn, J. H., Brit. J. Phamacol., **9**, 42 (1954)
Brody, T. M. & Bain, J. A., Proc. Soc. Exp. Biol. & Med., **77**, 50 (1951), **110**, 148 (1954)

Bronk, D. W., J. Neurophysiol., **2**, 380 (1939)
Brown, G. L., Physiol. Revs., **17**, 485 (1937)
———, Pator, W. D. M., & Vranna, M., J. Physiol., **109** (1949)
Brown, D. M,, Fasman, G. D., Magrath, D. I.,& Tadd, A. R., J. Amer. Chem. Soc., **76**, 1448 (1954)
Braunstein, H. E. & Efimochkina, E. F., Daklady Akad. Nank. USSR., **91**, 347 (1950)
Brown, G. M., Craig, J. A., & Snell, E. E., Arch. Biochem., **27**, 473 (1950)
—, Fasman, G. D., Magrath, D. I., & Todd, A. R., Nature, **172**, 1184 (1953)
———, & Snell, E. E., J. Amer. Chem., Soc., **75**, 2782 (1953)
Brücke, F. T. V., J. Physiol., **89**, 429 (1937)
, & Sarkander, H., Arch. exp. Path. Pharmakol., **196**, 213 (1940)
, Hueber, E. R. & Sarkander, H., Klin. Wsachr., **20**, 587 (1941)
Brückner, R., Ophthalmologica, **105**, 37 (1943), **106**, 200 (1943)
Brügger, T. H., Grundfest, H., Nachmansohn, D., & Rothenberg, M. A., J. Neurophysiol. **10**, **11**, 60, (1947)
Bücher, T., Biochim. et Biophys. Acta, **1**, 292 (1947)
, & Cenbade, K. H., Biochim. et Biophys. Acta., **8**, 219 (1952)
———., Adv. in Enz., **14**, 1 (1953)
Buchtal, F. & Lindfard, J., Acta Physiol., Scand., **4**, 136 (1942)
Buell, E. J. & Schen, S. C., J. Exp. Zool., **97**, 21 (1944)
— , J. Cell. Comp. Physiol., **25**, 75 (1945a)
— , Exp. Zool., **100**, 331 (1945b)
Bülbring, E. & Chou, J. E., Brit. J. Pharmacol., **2**, 8 (1947)
———, & Burn, J. H., J. Physiol., **108**, 508 (1949)
———, ———, & Shelely, H., Proc. Roy. Soc. London, B, **141**, 445 (1953)
* 11 Bullock, T. H. & Nachmansohn, D., J. Cell. Comp. Physiol., **20**, 1—4 (1942)
, ———, & Rothenberg, M. A., J. Neurophysiol., **9**, 9—22 (1946)
Bullock, T. H., Grundfest, H., Nachmansohn, D., Rothenberg, M. A., & Sterling, K., J. Neurophysiol., **9**, 253—260 (1946), **10**, 11 (1947)
———, J. Neurophysiol., **11**, 343 (1948)
———, Ann. Rev. Physiol., **13**, 261 (1951)
Burdon Sanderson, J. & Gotch, F., J. Physiol., **10**, 259 (1889)
Burgen, A. S. V., Dicken, F., & Zatman, L. J., J. Physiol., **109**, 10 (1949)
Burn, J. H., Physiol. Rev., **25**, 377 (1945), **30**, 177 (1950)
———, & Vane, J. R., J. Physiol., **108**, 104 (1949)
, & Kottegada, S. R., J. Physiol., **121**, 360 (1953)
—, Pharmacol. Rev., **6**, 107 (1954)
Burno, D. & Paton, W. D. M., J. Physiol., **115**, 41 (1951)
Burton, R. M. & Stadtman, E. R., Federation Proc., **11**, 193 (1952)
Butcher, E. O., Amer. J. Physiol **120**, 427 (1937)
———, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **60**, 396 (1945)
Butler, R. C., Pharmacol., Rev., **2**, 121 (1950)
Butt, H. R., Comfort, M. W., Dry, T. J., & Osterberg, A. E., J. Lab. Clin., Med., **27**, 649 (1942)
Byer, J. & Harpuder, K. J., J. Pharmacol., **70**, 323 (1940)

Cabib, E., Zehoir, L. F., & Cardini, C. E., J. Biol. Chem., **203**, 1055 (1953)
Cantoni, G. L. & Zoew, O., J. Pharmacol., **81**, 67 (1944)
———, J. Biol. Chem., **204**, 403 (1953)
Calabro, Q., Rev. Biol., **15**, 299 (1933)
Caridroit, F., Kaswin, A., & Serfaty, A., C. R. Soc. Biol., **139**, 1028 (1945)
Carr, C. J. & Bell, F. K., J. Pharmacol., **91**, 169 (1947)
———, ———, Federation. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol., **5**, 164 (1946)
Casier, H. & Delaunais, A. L., Experientia **2**, 180 (1946)
Cattaneo, C., Ann. Ist. Forlamini, **2**, 393 (1938)
Caujolle, F., Vincent, D.,& Franck, C., C. R. Soc. Biol., **138**, 556 (1944)
Chadwick, L. E. & Hill, D. L., J. Neurophysiol., **10**, 235 (1947)
Chagas, C., Conceiro, A.,& Martins-Ferreira, H., Comp. Rend. Soc. Biol., **145**, 246 (1951)
———, Sallero, L.,& Martins-Ferreira, H., Anais. Acad. Bras. Ciemc., 213 (1953)
Chang, H. C. & Gaddum, J. H., J. Physiol., **79**, 255 (1933)
———, Hsuh, W. M., Lee, L. Y., Li, T. H.,& Lim, R. K. S., Chin., J. Physiol., **14**, 27—

(1938) 39
Chantrenne, H., Compt. Rend. Tran. Lab. Carlsberg, **26**, 231 (1948)
—— —, & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **187**, 757 (1950)
——, J. Biol. Chem., **189**, 227 (1951)
Chauchard, A. & Chanchard, B., Compt. rend., **173**, 79 (1926)
Cheldelin, V. H., Eppright, M. A., Snell, E. E.,& Guirard, B. M., Univ. Texas Pub., No. **4237**, 15 (1942)
Cheng, C. P., Hsin, H. Y.,& Hsu, F. H., Proc. Chem. Physiol. Soc., **127** (1942)
* 12 — —, ——, —, Brit. Abstr., A III, 446 (1946)
— — —, — —, — —, Chem. Abstr., **40**, 3514 (1946)
Chopra, R. N. & Chowhan, J. S., Indian Med. Gaz., **75**, 69 (1940)
——, — —, Taop. Dis. Bull., **37**, 515 (1940)
Chohn, W. E. & Carter, C. E., J. Amer. Chem. Soc., **72**, 4273 (1950)
Chov, T. C., Novelli, G. D., Stadtmaman, E. R. & Lipmann, F., Federation Proc., **9**, 160 (1950)
—, & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **196**, 89 (1952)
— —, & Soodak, M., J. Biol. Chem., **196**, 105 (1952)
Chowdhnry, D. K., Sci. & Culture, **8**, 238 (1942)
——, Ann. Biochem. Exp. Med., **4**, 77 (1944), **6**, 91 (1946)
Clark, A. J., J. Physiol., **64**, 123 (1927)
——, Handb. Experiment. Pharmakologie, Vol. IV, W. Heubner & Schuller. Editore. Julius. Springer, Berlin (1937)
—, & Raventos, J., Quart. J. Exp. Physiol., **28**, 155 (1938)
—, —, Stedman, E., & Stedman, E., Quart. J. Exp. Physiol., **28**, 79 (1938)
Clark, H. T, Johnson, J. R., & Robinson, R., The Chem. of Penicillin, Prubcetib, **428**, 1029 (1949)
Cline, J. K., Johnson, R. B., & Johnson, W. H., Proc. Exp. Biol. Med., **64**, 370 (1947)
Coates, C. W., Cox, R. T., & Granath, L. P., Zoologica, **22**, 1 (1937)
Cole, K. S. & Curtis, H. J., J. Gen. Physiol., **22**, 649 (1939)
Collier, H. B. & Allen, D. E., Canad. J. Res., Sect., **1320**, 189 (1942)
Comline, R. S., J. Physiol., **105**, 6p (1946—1947)
Cori, G. T. & Cori, C. F., J. Biol. Chem., **151**, 57 (1943)
Corkill, A. B. & Ennor, A. H., Med. J. Aust., **24** II, 1121 (1937)
Cornferth, J. W., Hunter, G. D., & Popjak., Biochem, J., **54**, 579 (1953)
Corteggiani, E., Gautrelet, J., Halpern, N.,& Serfaty, A., C. R. Soc. Biol., **121**, 316(1936)
——, & Serfaty, A., C. R. Soc. Biol., **131**, 1124 (1939)
Curtell, R., Feldman, J., & Gellhorn, E., Amer. J. Physiol., **132**, 588 (1941)
Couteaux, R & Nachmansohn, D., Nature., **142**, 481 (1938)
— —, —, Proc. Soc. Exp. Biol., N. Y. **48**, 177—181 (1940)
——, — —, Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 4d., **3**, 147 (1940)
Couteaux, R., Bull. Biol. France, Beld. **96**, 14 (1942)
, Bull. Biol., **76**, 14—57 (1942)
, C. R. Soc. Biol., **138**, 976 (1944), **139**, 641—643 (1945)
—, Grundfest, H., Nachmansohn, D.,& Rothenberg, M. A., Science, **104**, 317(1946)
, Rev. Can. Biol., **6**, 563 (1947)
, & Taxi, J., Arch. Anat. Micr. & Morph. Exp., **41**, 352 (1952)
Cowan, S. L., Proc. Roy. Soc. B., **115**, 216 (1934)
Cowan, S., J. Physiol., **88**, 4 (1936)
Cowgill, G. R., Winters, R. W., Schulety, R. B., & Krej, W. A., Internat. Ztschr. Vitamin-forsch **23**, 275 (1951—52)
Cox, R. T. & Coates, C. W., Zoologica, **23**, 203 (1938)
, —, & Brown, M. V., J. Gen. Physiol., **28**, 187 (1945)
, Rosenblith, W. A., Cutler, J. A., Mathews, R. S.,& Coates, C. W., Zoologica, **25**, 553 (1940)
Oraig, J. A. & Snell, E. E., J. Bact., **61**, 283 (1951)
Crane, R. K. & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **20**, 235 (1953)
Crescitelli, F., Koelle, G. B., & Gilman, A., J. Neurophysiol., **9**, 24 (1946)
, — —, — —, Feder. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol., **5**, 172 (1946)
Cristol, P., Passouant., P., Benezech, C., & Putarte, J., C. R. Soc. Biol., **139**, 312, 314(1945)
, —, — —, & Dutarti, J., Presse med., **54**, 557 (1946)

Crivetz, D., Bull. Acad. Med. Roumanie **17**, No. **4/6** 25 (1945a), **4/6** 53 (1945b)
———, & Mihaileseo, V., Bull. Acad. Med. Roumanie **17**, No **4/6**, 48 (1945)
Croft, P. G., & Richter, D., J. Physiol., **102**, 155 (1943), **101**, 9 (1942)
Croxatto, H. *et al.* (Croxatto, R., Huidobro, F., S. Alvestríni, H., Donaso, R., Sanhueza, F., & Luco, J. V.) An., Acad. Biol. Univ. Chile., **3**, 67, 105, 121, 125 (1939), **3**, 7, 11, 15(1940)
———, & Croxatto, R., C. R. Soc. Biol., **130**, 236 (1939)
———, ———, Ciencia (Mex.) **2**, 351 (1941)
———, ———, & Huidobro, F., An. Acad. Biol. Univ. Chile. **3** (1939)
Croxatto, R. & Huidobro, F., An. Acad. Biol. Univ. Chile **3**, 49 (1939)
Curtis, H. & Cule, K. S., J. Cell. Comp. Physiol., **19**, 135 (1942)

Dale, H. H., J. Pharmacol. **6**,147 (1914)
Daft, F. S. & Sebrell, W. H., U. S. Pub. Health Service, Pub. Health Repts., **54**, 2247(1939)
Danielopolu, D. & Popa, G. G., Bull. Acad. Med. Roumanie, **18**, No. **1/3**, 150 (1946)
———, ———, C. R. Soc. Biol., **138**, 772 (1944)
———, & Popes Co, M., Bull. Acad. Med. Roumanie, **18**, No. **1/3**, 95 (1946)
———, ———, Mezincesco, E., C. R. Soc. Biol., **138**, 381 (1944)
Davenport, H. A. & Sacks, J., J. Biol. Chem., **81**, 469 (1929)
Davis, J. E., Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **63**, 287(1946)
———, Amer, J. Physiol., **147**, 404 (1946)
———, Sci., **104**, 37 (1946)
Delaunois, A. L. & Casier, H., Experientia **2**, 67, 147 (1946)
* 13 Denys, A. & Levy, J., C. R. Soc. Biol., **141**, 650, * 731 (1647), **141**, 653, 735 (1947b)
Dikshit, B. B. & Mahal,H. S., Quart. J. Exp. Physiol., **27**, 41 (1937)
Dodel. P., Dastugue, G., & Bresson, A., C. R. Soc. Biol., **133**, 429 (1950)
* 14 Domini, G. & Colombint, N., Boll. soc., ital. biol. Sper., **13**, 1177 (1938)
Doudoroff, M., Banker, H. A., & Hassid, W., J. Biol. Chem., **170**, 147 (1947)
Dorfman, A., Berkman, S., & Koser, S. A., J. Biol. Chem., **144**, 393 (1942)
Drabkin, D L., J. Biol. Chem., **182**, 335 (1950)
Dronet, P. L., Verain, M., & Franquin, Bull. Acad. Med. Paris **126**, 412 (1942)
———, ———, ———, Presse Med., **50**, 525 (1942)
DuBois-Reymond, E., Abhandlungen zur Muskel und Nervenphysik, Leipzig. (1877)
DuBois, K. P. & Mangun, G. H., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **64**, 137 (1947)
Dufait, R. & Massart, L., Enzymologia, **7**, 337 (1939)
DuToit, C. H., Phosphorus Metabolism, **2** (Baltimore: Johns Hopkins Press, **597** (1952)
McElroy W. D., & B, Glass eds,
———, Hoch, F. L., Wright, E., & Lipmann, F., 11 Congres international de biochémie (Paris, July 21—27, 1952), p. 50, (Résumes des Communication)

Eadie, G. S., J. Biol. Chem., **138**, 597 (1941), **146**, 85 (1942)
Easson, L. H. & Stedman, E., Proc. Roy. Soc. London, B. **121**, 142, 147 (1936)
———, ———, Biochem. J., **31**, 1723 (1937)
Ebashi, S., Takeda, H. & Kumagaya, M., Jap. J. Biochem., **25**, 443 (1954)
———, Jap. J. Pharmacol., **49**, 475 (1953), **50**, 32 (1954)
Eberhard. H. M. & Silverman, W. S., Rev. Gastroenterol., **6**, 239 (1939)
Eccles, J. C., J. Physiol., **81** (1934), **101**, 456 (1943), **103**, 27 (1944)
———, Physiol. Rev., **17**, 538 (1937)
———, Katz, B., & Kuffler, S. W., Biol. Symp., **3**, 349 (1941)
———, J. Neurophysiol., **5**, 211 (1942), **9**, 87 (1946), **10**, 177 (1947)
———, Ann. N. Y. Acad. Sci., **47**, 429 (1946)
———, & MacFarlane, W. V., J. Neurophysiol., **12**, 59 (1949)
Egane, E., Publ. Lab. Med. Exp. Univ. Chile, I **99**, 117 (1946)
Eiler, J. J. & McEwen, W. K., Arch. Biochem, **20**, 163 (1949)
Elliot., W., Nature, **161**, 128 (1948)
———, & Gale, E., Nature, **161**, 129 (1948)
Elliot, K. A. C., Swank, R. C., & Henderson, W., Ibid., **161**, 469 (1950)
Ellis, S., J. Pharmacol. **79**, 295, 309, 364 (1943)
———, & Root, M. A., Federation. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol., **3**, 70 (1944)
———, Sanders, S., & Bodansky, O., J. Pharmacol., **91**, 255 (1947)
Emmens, C. W., Malutosh, F. C., & Richter, D., J. Physiol., **101**, 460 (1942)

Englehart, E. & Loewi, O., Arch. internat. Pharmacol. et therap., **38**, 287 (1930)
———, ——, Arch. exp. Path. Pharmakol., **150**, 1 (1930)
———, Pflügers Arch. Ges. Physiol. **225**, 721 (1930)
Epstein, A., Herschberg, A. D., & Piquet, J., C. R. Soc. Phys. Genever, **61**, 123 (1944)
Erlanger, J. & Gasser, H. S., Electrical Signs of Nervous Activity. University of Pennsylvania Press. Philadelphia. (1937)
, Neurophysiol, **2**, 370 (1939)
Erspamer, V. & Dordoni, F., Ricerca Sci. Rivestr, **16**, 1114 (1946)
Elliott, W. H., Biochem. J. **42** (1948)
Elliott, K. A. C., Swank, R. C., & Henderson, N., Amer. J. Physiol., **162**, 469 (1950)
Ettinger, G. H., Brown, A, B., & Megill, A. H., J. Pharmacol., **73**, 119 (1941)
Euler, H. V., Hasselquist, H. & Hügberg, B., Ark. Kemi Miner Geol., **18**A 17 (1944)
— — —, & Hasselquist, H., Ark, Kemi Miner, Geol., **20**A 16 (1945)
Everett, J. W. & Sawyer, C. H., Anat. Rec., **94**, 536 (1946)
, , Endocrinology, **39**, 323 (1946b)

Faber, M., Studier over serumcholinesterasens Variationer. Kopenhavn. (1941)
, Acta med. Scand., **114**, 59 (1943a), 72, 475 (1943b)
Fatt, P. & Katz, B., J. Physiol., **115**, 320 (1951)
Fegler, J. & Kowarzyk, H., Bull. Int. Acad. Palon. Sci.; cl. Med., **7/10**, 539 (1937)
———, ———, & Szpumar, J., Bull. Int. Acad. Palon., Sci cl. Med., **7/10**, 917 (1937)
Feigl, F., Anger, V., & Frehden, O., Mikrochemie, **15**, 9 (1934)
Feld, E. A., Grundfest, H., Nachmansohn, D., & Rothenberg, M. A., J. Neurophysiol., **1**, 125 (1948)
Feldberg, W. & Schilf, E., Histamin, Springer, (1930)
——, & Vartiainen, A., J. Physiol., **83**, 103 (1935)
, Fessard, A., & Nachmansohn, D., J. Physiol., **97**, 39 (1940)
——, J. Physiol., **101**, 432 (1945)
———, & Mann, T. J., J. Physiol., **104**, 411 (1946)
———, & Vogt, M., J. Physiol., **107**, 372 (1948)
, & Lin, R. C. Y., J. Physiol., **111**, 96 (1950)
—, Harris, G. W., & Lin, R. C. Y., J. Physiol., **112**, 400 (1951)
Feng, T. P. & Ting, Y. C., Chem. J. Physiol., **13**, 141 (1938)
Fenn, W. O., Physiol. Revs., **16**, 450 (1940)
Fessard, A. E., Ann. N. Y. Acad. Sci., **47**, 501—514 (1946)
Fiessinger, N., Glomand, G., & Carlotti, J., Bull. Acad. Med. Paris, **128**, 293 (1944)
Fillenz, M. & Hanafin, M., J. Neurophysiol., **10**, 191 (1947)
Finnegan, J. K., Haag, H. B., Larcon, P. S., & Preyfuss, M. L.,
Fiske, C. H. & Subbarow, Y., J. Biol. Chem., **66**, 375 (1925)
Fodor, P. J., Nature, **159**, 375 (1947)
Folin, O. & Malmrss, H., J. Biol. Chem., **83**, 115 (1929)
Fodor, P. J., Exp. Med. Surg., **5**, 140 (1947)
Forbes, J. C., Outhouse, E. L., & Leach, B. E., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **43**, 523 (1940)
Formenti, A. M., Urologia **7**, 164 (1940)
Forster, Med. Klir., **29**, 933 (1933)
Francioli, M., Enzymologia, **3**, 200 (1937)
Fredericq, H., C. R. Soc. Biol., **26**, 1234 (1937)
Frendenberg, R. & Redlich, F. K., Arch. exp. Path. Pharmakol. **188**, 645 (1938)
Friedeman, R. E. & Hangen, G. E., J. Biol. Chem., **147**, 415 (1943)
Friedkin, M. & Lehninger, A. L., J. Biol. Chem., **178**, 611 (1949)
Friend, D. G. & Krayer, O., J. Pharmacol. **71**, 246 (1941)
Froment, J. &. Kaswin. A., Bull. Mem. Soc. Med. Hop. Paris, **57** (1945)
Frommel, F., Rev. Med. Suisse Rom., **66**, 789 (1946)
. Helv. Med. Acta, **14**, 649 (1947)
, Thalheimer, M., Hershberg, A. D., & Piquet, J., Helv. Physiol., Pharmacol. Acta, **1**, 451 (1943)
Frommel, E., Hershberg, A. D., Piquet, J., Aron, E., Loutfi, M., & Cuenod. C. L., C. R. Soc. Phys. Genev., **60**, 97, 100, 128, 175, 179 (1943)
— —, , —, —, C. R. Soc. Phys. Genev., **61**, 33 (1944)
Frommel, E., Aron, E., Herschberg, A. D., Piquet, J., & Goldfeder, A., Helv. Physiol. Pharmacol. Acta, **2**, 111 (1944)

——, & Piquet, J., Schweiz. Med., Wschr., **75**, 593 (1945)
———, ———, Helv. Physiol. Pharmacol. Acta, **3**, 15 (1945)
——, Goldfeder, A., & Piquet, J., Acta Pharmacol. Toxicol., **2**. 207 (1946)
* 16 , & Piquet, J., Arch. int. Pharmacodyn., **72**, 312 (1946)
——, ———, C. R. Soc. Phys. Geneve, **63**, 70 (1946)
——, Thalheimer, M., Herschberg, A. D., & Piquet, J., Schweiz. Med., Wschr, **76**, 432, 434, 455, 456 (1946)
, ———, ———, ———, Presse Med. **54**, 582 (1946)
., Bischbr, A., Gold, P., Favre, M.,& Vallette, F., Helv. Physiol. Acta, **64**, 78, 85 (1947)
, Helv. Chim. Acta., **14**, 30 (1947)
——, & Piquet, J., Acta Pharmacol. Toxicol., **3**, 31 (1947)
Frost, D. V., Physiol. Revs., **28**, 368 (1948)
Fulton, J. F., Physiol. of the nevous system, 2nd ed., N. Y. (1945)
., & Nachmansohn, D., Sci., **97**, 569 (1943)
Fuortes, M. G. F. & Torre, M., Riv. Pat, Berv. Ment., **60**, 374 (1942)

Gafflin, A. L. & Green D. E., J. Biol. Chem., **176**, 95 (1948)
Gal, L., Med. Klir., **36**, 385 (1940)
Galehr, O. & Plattner, F., Arch. Ges Physiol., **218**, 488 (1928)
Gautrelet, J. & Scheiner, H., C. R. Soc. Biol., **131**, 738 (1939)
Gaskell, W. H., Philos. Trans., **173**, 993 (1882) (Schafer's Text-book of Physiol.)
Gasser, H. S. & Dale, H. H., J. Pharm. Exp. Therap., **28**, 287 (1926)
., Richards, C. H., & Grundfest, H., Amer. J. Physiol., **123**, 299–306 (1938)
* 17 Genuit, H. & Labenz, K., Arch. exp. Path. Pharmakol., **198**, 369 (1941)
Gerard, R. W., Libet, B., & Cavanaugh, D., Federation Proc., **8**, 55 (1949)
—, Recent Progress in Hormone Research, **5**, 37 (1950)
Gergely, J., Hele, P., & Ramakrisnsn, V. C., J. Biol. Chem., **198**, 323 (1952)
Gesell, R. & Hansen, E. J., Amer. J. Physiol.,**144**,126 (1945)
Ghosh, B. N., Östen. Chem-Zty. **43**, 158 (1940)
, De, S. S., & Chowdhury, D. K., Ann. Biochem. Exp. Med. **1**, 31 (1941)
——, ———, ———, Trop. Dis. Bull., **39**, 718 (1942)
Gilman, A., Carlson, R. I., & Goadman, L., J. Pharmacol. **66** 14 (1939)
Ginqel, K. H. & Kattegoda, S. R., Ibid. **8**, 348 (1953)
* 18 Ginsberg, R., Kohn, R., & Necheles, H., Amer. J. Pigest. Dis. & Nutrition. **4**, 154 (1937)
Giotti, A., Brit. J. Pharmacol. **9**, 15 (1954)
Glasson, B., Pharm. Acta Helv., **19**, 279 (1944)
, Schweiz. med. Wschr., **75**, 1011 (1945)
—, & Mutrux, S., Helv. Physiol. Pharmacol. Acta **4**, 12 (1946)
* 19 Glick, D., Biochem. J., *31, 521 (1937), Sci. **102**, 100 (1945)
* 20 , J. Gen. Physiol., *21, 431 (1938), **21**,289 (1938)
* 21 —, J. Biol. Chem., *125, 725(1938), **125**, 729(1938c), **130**, 527(1939a), **137**, 357(1941b)
Glick, D., Biochem. J., **31**, 521 (1937a)
, C. R. Trav. Lab. Carlsberg, Ser. Chim., **21**, 225 (1937), **21**, 263 (1938a)
——, Nature, **140**, 426 (1937b), **148**, 662 (1941c)
——, J. Gen. Physiol., **21**, 289 (1938a), **21**, 297 (1938b), **21**, 431 (1938d)
Glick, D., C. R. Trav. Lab. Carlsberg, Ser. Chim. **21**, 269 (1938b)
——, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **40**, 140 (1939b)
, Biol. Symposia., **5**, 213 (1941)
—, J. Amer. Chem. Soc., **64**, 564 (1942)
, & Antopol, W., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **42**, 396 (1939a)
, J. Pharmacol. **65**, 389 (1939b)
* 22 ——, & Galubach, S., J. Gen. Physiol., **25**, 197 (1941)
* 23 ——, ———, & Moore, D, H., J. Biol. Chem., **144**, 525 (1942)
* 24 ——, Lewin, A., & Antopol, W., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **40**, 28 (1939)
Goldstein, A., J. Gen. Physiol. **27**, 529 (1944)
Goadman, L., Garlson, R. I., & Gilman, A., J. Pharmacol. **66**, 15 (1939)
Gomori, G., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **62**, 1251 (1946)
* 25 Goepfert, H. & Schaefer, H., Arch. Ges. Physiol. (Pflüg), **239**, 597 (1937)
Gordon, J. J. & Quastel, J. H., Nature, **159**, 97 (1947)
* 26 Goto, S., Nisshin Igaku **37**, 434 (1950)

* 27 Govaerts, P., Cambier, P., & Van Dooren, F., C. R. Soc. Biol., **108**, 1178 (1931)
Govier, W. M. & Gibbong, A. J., Arch. Biochim. Biophys., **32**, 347—349 (1951)
Granzner, O., Falia haematol., **63**, 217 (1937)
Green, D. E., Loomis, W. F., & Auerbach, V., J. Biol. Chem., **172**, 389 (1948)
———, Respiratory Enzymes (Bugess) P, 201 (1949)
—, & Beinert, H., Phosphorus Metabolism. Baltimore: Johns Hopkins Press, **1**, 331 (1951)
, Goldman, D. S., Mii, S., & Beinert, H., J. Biol. Chem., **202**, 137 (1953)
———, Mii, S., & Mahler, H. R., J. Biol. Chem., **206**, 1 (1954)
Gregory, J. D. & Lipmann, F., J. Amer. Chem. Soc., **74**, 4017 (1952)
* 28 —, Novelli, G. D., & Lipmann, F., J. Amer. Chem. Soc., **74**, 854 (1952)
Greig, M. E., Ibid. **87**, 185 (1946)
Grob, D., Lilienthal Jr., J. L., Harvey, A. M., & Jones, B. F., Bull. Johns Hopkins Hosp., **81**, 217 (1947)
Gross, J. & Pitt-Rivers, R., Lancet, **1**, 593 (1952)
Grundfest, H., Nachmansohn, D., & Rothenberg, M. A., J. Neurophysiol., **10**, 155 (1947)
———, ———, Kao, C. Y., & Chambers, R., Nature., **169**, 190 (1952)
Grunert, R. & Phillips, P. H., Arch. Biochem. Biophys., **30**, 217 (1951)
Guehring, R. R., Hurlye, L. S., & Morgan, A. F., J. Biol. Chem., **197**, 485 (1952)
Gunsalus, I. C., in Mechanism of Enzyme Action, edited by McElroy & Glass. Baltimore: Johns Hopkins Press, P. 545 (1953)
———, J. Cell & Comp. Physiol. Suppl., **1**, 41, 113 (1953)
———, Mechanism of Enz. Action, (1954)
Gunter, J. M., Nature, **157**, 369 (1946)
* 29 Gurin, S. & Crandall, D. I., Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biol.

Hogeboom, Schneider, W. C., & Pallade, G. E., J. Biol. Chem., **172**, 619 (1948)
Hager, L. P., Fortney, J. D., & Gunsulus, I. C., Federation Proc., **12**, 213 (1953)
———, Geller, D. M., & Lipmann, F., Flavoprotein Proc., **13**, 3 (1954)
Haldane, J. B. S., Enzymes, Monographs on biochemistry, London & New Yok (1930)
———, Enzymes, Longmans, Green, London, (1930)
———, & Stern, K. G., Allgemeine Chemie der Enzyme, Dresden & Leipzig (1932)
Hall, G. E. & Ettinger, G. H., J. Pharmacol. **59**, 29, (1937)
* 30 ———, & Lucas, C. C., J. Pharmacol. *59, 34 (1937a), **61**, 10 (1937b)
Halpern, N. & Corteggiani, E., C. R. Soc. Biol., **119**, 1049 (1935)
Hammett, L. P., Physical organic Chem. McGraw Hill, N. Y., (1940)
Handley, C. A., Federation Proc. Amer, Soc. Exp. Biol., **5**, 181 (1945)
Hanske, W., Angew. Chem. **54**, 357 (1941)
Handschumacher, R. E., Mueller, G. G., & Strong, F. M., J. Biol. Chem., **189**, 335(1951)
Hantzsch, A. & Desch, C., Ann. Chem., **323**, 1 (1902)
Harris, M. M. & Harris, R. S., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **46**, 619, 623(1941), **56**, 223 (1944)
Harting, J. & Chance, B., Federation Proc., **12**, 714 (1953)
———, & Velick, S. F., Federation Proc., **11**, 226 (1953)
Harvey, A. M., Bull. Johns Hopkins Hosp., **65**, 223 (1938)
Hawes, R. C. & Alles, G. A., J. Allergy, **12**, 1 (1940)
———, ———, J. lab. Clin. Med., **26**, 845 (1941)
Hawkins, R. D. & Gunter, J. M., Biochem. J., **40**, 192 (1946)
, & Mendel, B., J. Comp. Physiol., **27**, 69 (1946)
———, ———, Brit. J. Pharmacol., **2**, 173 (1947), Biochem. J., **41**, 22 (1947)
Hazard, R., Corteggiani, E., & Pelou, A., C. R. Soc. Biol., **138**, 427 (1944)
Hegsted, D. M. & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **174**, 89 (1948)
Heim, F., Klin. Wschr., **23**, 63 (1944), **24/25**, 115 (1946)
, & Fabr, A., Arch. exp. Path. Pharmakol., **195**, 59 (1940)
, & Rorde, W., Arch. exp. Path. Pharmakol., **202**, 215 (1943)
———, & Ruete, A., Klin. Wschr., **24/25**, 86 (1946)
Hellauer, H., Pflügers Arch. Ges. Physiol., **242**, 382 (1939)
—, & Umrath, K, Z. Biol., **99**, 624 (1939)
* 31 Herrmann, H. & Friedenwald, J. S., Bull. Johns Hopkins Hosp., **70**, 14 (1942)
Herschberg, A. D., Presse Med **53**, 611 (1945)
———, & Epsein, A., C. R. Soc. Phy. Geneve, **61**, 129 (1944)
Herschberg, A. D., Geisendorf, W., & Piquet, J., Mschr. Gebutsh, Gguak. **117**, 57 (1944)

—, , ———, Schweiz. med. Wschr., **74**, 596 (1944)
Hestrin, S., J. Biol. Chem., **180**, 1 (1949)
———, Biochim. et Biophys. Acta, **4**, 310 (1950)
Heymans, C., Experientia, **2**, 260 (1946)
—, Arch. int. Pharmacodyn. **72**, 405 (1946)
Hicks, C. S. & Mackay, M. E., Anst. J. Exp. Biol. med. Sci **14**, 275(1936), **16**, 39(1938)
Hift, H., Ovellet, L., Littlefield, J. W., & Sanadi, D. R., J. Biol. Chem., **204**, 565 (1953)
Hill, A. V., Chemical wave Transmission in nerve, London (1932)
Hill, U., Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., **18**, 317 (1946)
———, Anal. Chem., **19**, 932 (1947)
Hills, G. M., Biochem. J, **37**, 418 (1943)
Hilton, S. M., J, Physiol, **123**, 289 (1954)
Hoagland, C. L., Adv. Enzymol. **6**, 193 (1946)
Hoagland, M. B. & Novelli, G. D., J. Biol. Chem., **207**, 2 (1954)
Hoch, F. L. & Lipmann, F., Federation Proc., **12**, 218 (1953)
—, , The Uncoupling of Respiration & Phosphorylation by thyroid Hormones. Proc. National Acad. Sci., **40**, 909—921 (1954)
* 32 Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F., Nature, **144**, 710 (1939)
———, ———, J, Physiol., **104**, 176 (1945), **106**, 341(1947), **116**, 497 (1952), **117**, 500 (1952)
—, & Katz, B., J. Physiol., **108**, 37 (1949), **109**, 240 (1949)
Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F., Proc. XVIII. Intern. Congr. Physiol., Copenhagen (1950)
Hodgkin, A. L., Biol. Revs., **26**, 338, 1339 (1951)
———, ———, Cold Spring Harbor Symposia Quant. Biol., **17**, 43 (1953)
Hoffmann, F., Hoffmann, E. J., Middleton, S., & Tafesnik. J., Amer. J. Physiol., **144**, 189 (1945)
—, Schneider, W. C., & Pallade, G. E., J. Biol. Chem., **172**, 619 (1948)
—, ———, J. Biol. Chem. **183** (1950)
* 33 Holland, W. C. & Greig, M. E., Arch. Biochem., **39**, 77 (1952)
Hollinshead, W. H. & Sawyer, C. H., Amer. J. Physiol., **144**, 79 (1945)
Hunt, R. & Taveau, R. de M., Brit. Med. J., **2**, 1788 (1906)
Huttinger. A. & Blach, H., Helv. Chim. Acta, **26**, 142 (1943)
Huennekens, F. M. & Green, D. E., Arch, **27**, 428 (1950)
Huidobro, F. & Croxatto, R., An. Acad. Biol. univ. chile, **3**, 91 (1939)
—, Guzman, D., & Andia, M., Rev. med. aliment, **6**, 38 (1943)
Hunt, C. C. & Riker, Jr., W. F., J. Pharmacol. **91**, 298 (1947)
Hunter, F. E., In W. D. McElroy & B. Glass, Phosphorus Metabolism, **1**, 321
, Phosphorus Metabolism., **1**, 297 (1951)
Hurley, L. S. & Morgan, A. F., J. Biol. Chem., **195**, 583 (1952)
Huxley, A. F., In "Ion Transport. Across Membranes" Acad. Press, N. Y. (1954)

Ingvarsson, G., Biochem., **2**. 281, 370 (1935)
Isbell, H., Eiseman, A. J., Wikler, A., & Frank, K. J. Biol. chem., **92**, 83 (1948)
Iyengar, N. K., Sehra, K. B., Mukerji, B., & Chopra, R. N., Current Sci., **7**, 51 (1938)

Jacobsohn, D. & Kablson, G., Skand. Arch. Physiol., **79**, 27 (1938)
Jellinek, E. M. & Looney, J. M., J. Biol. Chem., **128**, 621 (1939)
Jobnsen, W. J., & Quastel, J. H., Nature, **171**, 602 (1953)
Jones, M. S. & Stadie, W. C., Quart. J. exp. Physiol., **29**, 63 (1939)
Jones, M, E., Federation Proc., **12**, 708 (1952)
—, Black, S., Flynn, R. M., & Lipmann, F., Elsevier Publishing Co., (1953)
—, Lipmann, F., Hilz, H., & Lynen, F., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 3285 (1953)
., & Tod. H., Biochem. J., **29**, 2242 (1935)
———, — , J., Ment. Sci., **83**, 202 (1937)
Jorpes, E., Biochem. J., **26**, 1488 (1932)
Jowett, M. & Quastel, J. H., Biochem. J., **31**, 565 (1937)
Jucker, P., Schweiz. Med. Wschr. **73**, 876 (1943)
Judah, J. D., & Williams-Ashman, H. G., Biochem. J., **48**, 33 (1951)
Jukes, T. H., J. Amer. Chem. Soc., **61**, 975 (1939)
—, Biol. Symposia, **12**, 253 (1947)
—, Federation Proc., **12**, 633 (1953)
Jullien, A., C. R. Acad. Sci. Paris, **209**, 1015 (1939)

——, C. R. Soc. Biol., **135**, 1230 (1941)
Jullien, A., Vincent, D., Bon chet, M., & Vuillet, M., Ann. Physiol. Physicochem. biol., **14**, 567 (1938)
——, & Vincent, D., C. R. Soc. Biol., **129**, 845 (1938), **135**, 956 (1941)
——, & Bonnet., A., C. R. Acad. Sci. Paris. **212**, 813 (1941)

Kahane, E. & Levy, J., C. R. Acad. Sci. Paris, **202**, 718 (1936)
——, C. R. Soc. Biol., **121**, 1596 (1936b), **125**, 252 (1937), **130**, 309 (1939)
——, Bull. Soc. Chim. Biol., **18**, 529 (1936), **19**, 976 (1937)
——, ——, Arch. int. Pharmacadyn. **57**, 467 (1937)
Kahlson, G., & Urnas, B., Skand. Arch. Physiol., **72**, 215 (1935), **78**, 40 (1939)
Kakushkina, E. A. & Arkhipova, A. D., Bjull. eksp. Biol., Med. **11**, 533 (1941)
——, & Tatarko, T., Bjull. eksp. Biol., Med., **13**, 14 (1942), **20**, 58 (1945)
——, & Levina, R., Acad. Sci. USSR, **53**, 281 (1946)
——, Acad. Sci. USSR, **55**, 359 (1947)
Kalckar, H, M., Biochem. J., **33**, 631 (1939)
——, J. Biol. Chem., **167**, 445—459 (1947), **167**, 461 (1947)
Kämmerer & Carius., Ann., **131**, 165 (1864)
Kaplan, N. O. & Lipmann, F., Federation Proc., **6**, 266(1947), **7**, 163(1948)
——, ——, J. Biol. Chem., **174**, 37 (1948), **176**, 459 (1948)
Kaplan, N. O., The Enzymes (Acad. Press) **2**, 55 (1951)
——, & Soodak, M., Federation Proc., **8**, 211 (1949)
Karrer, P., Gisler, M., Horlackher, E., Locher, F., Mäder., W., & Thomann, H., Helv. Chim. Acta, **5**, 469 (1922)
Kaswin, A., C. R. Soc. Biol., **130**, 859 (1939)
——, Bull. Acad. Med. Paris, **129**, 346 (1945)
——, Presse Med., **53**, 713 (1945)
——, & Serfaty, A., C. R., Soc. Biol., **139**, 1070 (1945), **140**, 78, 106 (1946)
Katz, J., Lieberman, I., & Barker, H. A., J. Biol. Chem., **200**, 417 (1953)
Kaufman, S., Phosphorus Metabolism, **1**, 370 (1951)
——, Federation Proc., **12**, 704 (1953)
——, Gelvary, C., Cori, O., & Ochoa, S., J. Biol. Chem., **203**, 859 (1953)
Keeser, E., Klin. Wschr., **17**, 1811 (1938)
——, Med. Welt, **17**, 817 (1943)
Keilin, D. & Hartee, E. F., Proc. Roy. Soc. London, Seri B, **124**, 397 (1938)
——, & Wang, Y. L., Biochem. J., **41**, 491 (1947)
Kennedy, E. P. & Lehninger, A. L., Phosphorus Metabolism, **2**, 253 (1952)
Keynes, R. D., J. Physiol., **107**, 35 (1948), **114**, 151 (1951)
——, Arch. Sci. Physiol., **3**, 165 (1949)
—— & Lewis, P. R., XVIIIth International Physiol. Congress, Copenhagen, (1950)
——, & Gerard, R. W., J. Physiol., **119**, 315 (1953)
Khyn, J. X., Doherty, D. G., Volkin, E. & Cohn, W. E., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 1262 (1953)
Kimura, K, K., Kennedy, N. K., & Samson, E. A., J. Neurophysiol., **10**, 1 (1947)
——, K. K. Unna, K., & Pfeiffer, C. C., J. Pharmacol. Exp. Therap., **95**, 149 (1949)
King, H., J. Chem. Soc. Lond. p. 1381 (1935)
King, T. E., Licher, L. M., & Cheldelin, V. H., Arch. Biochem., **17**, 483—485 (1948)
——, & Strong, F. W., Science, **112**. 562 (1950)
——, & Strong, F. M., J. Biol, Chem., **189**, 325—333 (1951), **189**, 315—323 (1951b), **191**, 551—521 (1951c)
37 Kisch, B., Kaster, H., & Strauss, E., Exp. Med. Surg. **1**, 51 (1943)
38 Klein, P., Biochem. **2**, 317, 210 (1944)
Klein, H., Federation Proc. **10**, 209 (1951)
Klein, J. R. & Harris, J. S., J. Biol. Chem. **124**, 613 (1938)
Klein, J. R., J. Biol. Chem., **151**, 651 (1943)
Klein, H. & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **203**, 95 (1953), **201**, 101 (1953)
Knipst, I. N., Bjull. exsp. Biol. Med, **21**, No. 3, 19 (1946)
Knoap, F., Beitr. Chem. Physiol. Pathol., **6**, 150 (1904)
Koepsell, H. J. & Johnson, M. J., J. Biol. Chem., **145**, 379 (1942)
Koelle, G. B. & Friedenwald, J. S., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **70**, 617 (1949)
Koepsell, H. J., Johnson, M. J., & Meek, J. S., J. Biol. Chem., **154**, 535 (1944)

* 39 Korey, S. R., Braganza, B. de., & Nachmansohn, D., J. Biol. Chem., **189**, 705 (1951)
* 40 Korkes, S., Stern, J. R., Gunsalus, I, C., & Ochoa, S., Nature, **166**, 43 (1950)
* 41 _ ___, A. del Campillo, I. C. & Ochoa. S., J. Biol. Chem., **193**, 721 (1951)
* 42 _____, ___ _, Korey, S. R., Stern, J. R., Nachmansohn, D. & Ochoa, S., J. Biol. Chem. **198**, 215 (1952)
Kornberg, A., J. Biol. Chem., **182**, 779—793 (1950)
_____, & Lindeburg, O., J. Biol. Chem. **176**, 665 (1945)
_____, & Pricer, W. E., Jr., J. Biol. Chem., **182**, 763—778 (1950), **191**, 535 (1951), **204** 329 (1953)
_____, _____, J. Amer. Chem. Soc., **74**, 1677 (1952)
Koshtoyantz, C. S., Ukain. Biochem. J., **9**, 665 (1936)
Kottegeda, S. R., Brit, J. Pharmacol., **8**, 83 (1953)
Krayer, O., Goldstein, A., & Plachti, F. L., J. Pharmacol., **80**, 8 (1944)
Krebs, H., Adv. in Enz., **3**, 191 (1943)
Krahl, G. H. A. & Clowes, M. E., J. Cell. Comp. Physiol., **11**, 21 (1935)
Kroll, F. W., Arch. Phychiat. Nervenkr., **102**, 284 (1934)
Krimsky, I. & Racker, J., J. Biol. Chem., **198**, 721 (1952)
Kuchinskii, E. P., Bjull. Exsp. Biol. Med., **13**, 3/4, 16 (1942), **11**, 315 (1941)
Kuffler, S. W., J. Neurophysiol., **6**, 99 (1943), **8**, 77 (1945), **9**, 397 (1946)
_____, Federation, Proceedings., **7**, 437 (1948)
Kuhn,H. K. & Surles, D., Arch. int. Pharmacodyn, **58**, 88 (1938)
Kuhn, R., Wieland, R., & Huebschmann, H., Z. Physiol. Chem., **259**, 48 (1939)
Kumagai, H., Ebashi, S., & Takeda, F., Falia Phermcologica Japonica, **48**, 211 (1952)
_____, _____, Nature, **173**, (1954)
_____, _____, _____, Jap. J. Pharmacol., **4**, (1954)
Kwiatkawski, H., Fermentforsch, **15**, 138 (1936)
Kunitw, M., J. Gen. Physiol., **35**, 423—450 (1952)

Laborit, H. & Morand, P., Presse Med., **54**, 106 (1946a), **54**, 533 (1946b)
Lackey, R W. & Slaughter, D., J. Pharmacol. **66**, 21 (1939)
_____, _____, J. Lab. Clin. Med., **27**, 640 (1942)
Laubenfels, H. Roulet, F. & Zeller, E. A., Klin, Wschr., **22**, 644 (1943)
Laubenfels, M. W., Sci., **98**, 450 (1943)
Laudgren, S., Liljestrand, G., & Zatterman, Y., Acta Physiol. Scand., **26**, 264 (1952)
Langemann, H., Helv. Chim., Acta, **25**, 464 (1942)
_____, Helv. Physiol. Pharmacol. Acta **2**, 17, (1944), **2**, 367 (1944)
Lardy, H. A. & Wellman, H., J. Biol. Chem., **195**, 215 (1952)
Larrabll, M. G. & Bronk, D. W., J. Neurophysiol., **10**, 139 (1947)
Leheux, J. W., Arch. Ges. Physiol. (Pflüger's) **173**, 8 (1919), **190**, 280 (1921)
Lebmann, G., Festschrift Emil Barell, Basel, P. 312 (1946)
Lehninger, A. L., J. Biol. Chem., **154**, 309 (1944), **157**, 363 (1944), **161**, 291 (1945)
, & Grevill, G. D., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 2277 (1953)
_____, _____, Biochem. et Biophys. Acta, **12**, 188 (1953)
Leibson, R., Bull. Biol. Med. exp. URSS **7**, 514 (1939a) **7**.518 (1939b)
Leloir, L. F. & Cardini, C. E.. J. Amer. Chem. Soc.. **75**, 6084 (1953)
Leopold, A. C. & Guernsey, F. S., Proc. Natl. Acad., of Sci., **39**, 1105 (1953)
Levintow, L. & Novelli, G. D., 122nd Meet. Amer. Chem. Soc. Soc., Atlantic City, Sept. 1952. Abstr. 83
_____, _____, J. Biol. Chem., **207**, 2 (1954)
Levy, J. & Michel, E., Bull. Soc. Chem. Biol., **27**, 570 (1945)
Libbrecht, L., Schweiz. Med. Wschr., **75**, 928 (1945)
Libet, Biol. Bull., **93**, 219 (1947)
Lindeman, V. F., Amer. J. Physiol., **143**, 687 (1945), **148**, 40 (1947)
Linderstrm-Lang, K. & Glick, D., Compt-rend. trav. Lab. Carlsberg, S'erie Chem., **22**, 300 (1938)
Lineweaver, H. & Burk, D., J. Amer. Chem. Soc., **56**, 658 (1934)
Ling, G. & Gerard, R. W., J. Cell. Comp. Physiol., **34**, 383 (1949)
Lipmann, F., Enzymologia, **4**—65 (1937)
_____, Skandinav. Arch. F. Physiol., **76**, 266 (1937)
_____, Biosynthetic Mechanisms Harvey Lectures Series XLIV, (1948—1949)
, Nature, **143**, 436 (1939), **144**, 381 (1939)

——, Cold Spring Harbor Symposia Quant Biol., **7**, 248 (1939)
——, J. Biol. Chem., **134**, 463 (1940), **154**, 55 (1944), **155** (1944), **160**, 173 (1945), **186**, 235 (1950), **188**, 276 (1950)
* 43 —— , Advances in Enzymol. **1**, 99 (1941),
Lipmann, F. & Tuttle, L. C., J. Biol. Chem., **159**, 21 (1945), **161**, 415 (1945), **153**, 571 (1944), **158**, 505 (1945), **159** (1945), **158**, 21 (1945)
* 44 , Advances in Enzymol., ***6**, 231, 357 (1946)
——, in Currents in Biochemical Research, D. E. Green, (Ed) (1946)
——, & Kaplan, N. O., J, Biol. Chem., **162**, (1947)
, ——, Novelli, G. D., Tuttle, L. C. & Guirard, B. M., J. Biol. Chem., **167**, 869 (1947), **186**, 235—243 (1950)
——, ——, ——, J. Biol. Chem., **186**, 275 (1950), **186**, 1 (1950)
, Harvey Lectures, **44**, 99, 48 (1950)
, J. Amer. Chem. Soc., **74**, 2384 (1952)
, Johnes, M. E., Black, S., & Flynn, R. M., J. Amer. Chem. Soc., **74**, 2284 (1952)
——, "Symposium on Chemistry and Function of Coenzyme A," Federation Proc,. **12**, 673—715 (1953)
, Bact. Rev., **17**, 1 (1953)
—— , in Mechanism of Enzyme Action, W. D. McExlroy & B. Glass Eds. (Johns Hopkins Press, Baltimore, p 599 (1954)
——, Development of the Acetylation Problem., A Personal Account. Sci., **3126**, P855—865 (1954)
——. Fat Metabolism 7. Consideration of the Role of Coenzyme A in Some Phases of Fat Metabolism. edited by Vector A. Najjar. The Johns Hopkins Press, Baltimore, (1954)
, & du Toit, C. H., Sci., **113**, 474 (1951)
——, Johnes, M. E., & Black, S., Sympos. sur le Cycle Tricarborylique, IInd Congress. Internatl. de Biochimie, Paris., (1952)
, ——, ——, & Flynn, R. M,. J. Cell. Comp. Physiol., **41**, I, 109—112 (1953)
* 45 —— , & Kaplan, N. O., Federation Proc., **5**, 145 (1946)
Lipmann, F., Kaplan, N. O., & Novelli, G. D., Federation Proc., **6**, 272 (1947)
——, ——, Arch. Biochem., **13**, 373 (1947)
Lippincott, S. W. & Mooris, H. P., J. Nat. Cancer Inst., **2**, 39 (1941)
Lipton, M. A., Federation Proc., **5**, 145 (1946)
—— , & Barron, E. S. G., J. Biol. Chem., **166**, 368 (1946)
Lissak, K., Kovacs, J., & Nogy, E. K., Pflügers Arch. Ges. Physiol., **247**, 124 (1943)
——, ——, ——, Chem., zbl., **1**, 856 (1943)
, Nogy, E. K., & Pasztor, J., Pflügers Arch. Ges. Physiol., **245**, 783 (1942)
, ——, ——, Chem. zbl., **1**, 859 (1943)
Little, J. M. & Bennett, W. C., Amer. J. Physiol., **130**, 281 (1940)
Littlefield, J. W. & Sanadi, D. R., J. Biol. Chem., **199**. 65 (1952), **200**, 65 (1953)
Loewi, O., Pflügers Arch. Ges. Physiol., **189**, 239 (1921)
, & Navratil, E., Pflüger Arch. Ges. Physiol,, **214**, 678, 689 (1926)
, Harvey Lectures, 218 (1932—1933)
, & Hellauer, H., J. Physiol., **93**, 3 (1938)
, J. Mt. Sinai Hosp., **12**, 803—865 (1945)
Longo, V. & Culacinri, V., Riv. Pat. Sper., **24**, 113 (1940)
, & Sorrentino, F., Med. Sper. Arch. Ital., **6**, 629 (1940)
, ——, & Culasiuri, V., Med. Sper. Arch. Ital., **7**, 173 (1940), **10**, 77 (1942)
Lorente R., J. Cell. Comp. Physiol., **24**, 85 (1944)
Lorenzo Velazquez, B., Garcia de Julon, P., Bayo, J, M., Farmacuterap. actual. (Madrid) **2**, 383 (1945)
Lucas, K., The Conduction of Nervous Impulse. Revised by E. P. Adrian, Longmans, London, (1917)
Lundsgaard, E., Biochem., Z., **217**, 162 (1930)
Lynen, F., Harvey Lectures. Ser., **48**, 210 (1952/53), **48**, 2—2 (1954)
. Federation Proc., **12**, 683 (1953)
, & Ochoa, S., Biochim. et Biophys. Acta, **2**, 299 (1953)
Loomis, W. F. & Lipmann, F , J. Biol. Chem., **173**, 807 (1948)
Ludovici, P. P., Axelrod, A. E., & Carter, B. B., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **76**, 665 (1951)

Lynen, F. & Reichert, E., Angew. Chem **63**, 47—48 (1951)
—, ———, & Rueff, L., Natur. Ann., **574**, 1—32 (1951)
———, Wessely L., Wieland, O., & Rueff. L., Angew. Chem., **14**, 687 (1952)

Maas, W. K. & Davis, B. D., J. Bact., **60**, 733 (1950)
—, & Novelli, G. D., Arch. Biochem. Biophys., **43**, 236—238 (1953)
MacLntosh, F. C., Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **37**, 248 (1937)
Mabal, H. S., Indian J. Med. Res. **25**, 703 (1938)
———, Ber. ges. Physiol. **106**, 292 (1938)
, & Diksbit, B. B., Current Sci., **6**, 219 (1937)
. , Phosphorus Metabolism., **12**, 286 (1952)
—, Federation Proc. **12**, 694 (1953)
—, J. Amer. Chem. Soc., **75**. 3288 (1953)
———, Juhn., & Stadtman, E. R., Fedreation. Proc., **12**. 245 (1953)
Maley, G. F. & Lanrdy, H. A., J. Biol. Chem., **204**, 453 (1953)
Mann, P. J. G., Tennenbann, M., & Quastel, J. H., Biochem. J., **22**, 243 (1938)
,& Quastel, J. H., Biol. Chem., J., **33**, 823 (1939)
Manning, G. W., Lang, J., & Hall, G. E., J. Pharmacol., **1**, 350 (1937)
Marnay, A., C. R. Soc. Biol., **126**, 573 (1937), **127**, 896 (1938), **128**, 290 (1938), **128**, 819 (1938)
Marnay, A., Minz, B., & Nachmansohn, D., C. R. Soc. Biol., **125**, 43 (1937)
* 46 ———, & Nachmansohn, D., C. R. Soc. Biol., **124**, 446, 942, (1937), **125**, 41, *483, 1005, (1937), **126**, 785 (1937)
* 47 Marnay, A. & Nachmansohn, D., J. Physiol., **89**, 359 (1937), ***92**, 37 (1938)
* 48 Martini, E., Boll. soc. ital. biol. sper., **16**, 70 (1941)
, & Torda, C., Klin. Wschr., **16**, 824 (1937), **17**, 97 (1938), **17**, 889 (1938), **17**, 98 (1938)
* 49 ———, ———, Boll. soc. ital. biol. sper., **13**, 442, 445, 447, 449 (1938)
* 50 ———, ———, & Zironi, A., J. Physiol., **96**, 168 (1939)
Martins, C. & Hess, B., Arch. Biochem. & Biophys., **33**, 486 (1951)
* 51 —, & Lynen, F., Adv. in Enz., **10**, 167 (1951)
Massart, L. & Dufait, R., Enzymol., **6**, 282 (1939), **7**, 384 (1939), **8**, 392 (1940), **9**, 364 (1941)
. ———, Bull. Soc. Chem., Biol. **21**, 1039 (1939)
———, , Naturwissenschaften **27**, 567 (1939)
, ———, Natuutwet. Tijchr., **21**, 377 (1940)
—, ———, Nature, **145**, 822 (1940)
, , Natuurwet. Tijdschr, **22**, 243 (1940)
———, ———, Chem. Zbl, **1**, 2366 (1941), **1**, 2544 (1942)
Matther, K. J. Physiol., **70**, 338 (1930)
Mazur, A. & Bodansky, O., J. Biol. Chem., **163**, 261 (1946)
. . , Federation. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol., 5123 (1946)
———, ———, Sci., **102**, 517 (1945)
Mazzella, H., C. R., Soc. Biol., **141**, 851 (1947)
McArdle, B., Quart. J. Med., (N. S,) **9**, 107 (1940)
McCance, R. A., Widdowson, E. M., & Hutchinson, A. O., Nature, **161**, 56 (1948)
McCombie, H. & Sannders, B. C., Nature, **157**, 728, 776 (1946)
McDowall, R. J. S., J. Physiol., **104**, 392 (1946)
McGeoage, M., Zanat., **232**, 69 (1947)
McGilvery, R.W. & Cohen, P.P., J. Biol. Chem., **183**, 179 (1950)
* 52 McLennan, H. & Elliot, K. A. C., J. Pharmacol. Exp. Therap., **103**, 35 (1951)
McIntyre, A. R. & King, R. E., Sci., **97**, 69 (1943)
—— Downing, F. M., Bennett, A. L., & Dunn, A. L., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **74**, 180 (1950)
———, King, R. E., & Dunn, A. L., J. Neurophysiol., **8**, 297 (1947)
McMeekin, T. L., J. Biol. Chem., **128**, 66 (1939)
McRorie, R. A., Masley, P., M. & Williams, W. L., Arch. Biochem., **27**, 471—473 (1950)
Means, Jr., O. W., J. Cell. Comp. Physiol., **20**, 319 (1942)
Meijbaum, W., Z. Physiol. Chem., **258**, 117 (1938)
Mendel, B., Canad. Chem., **27**, 608 (1943)
, & Hawkins R. D., J. Neurophysiol., **6**, 431 (1943)
* 53 —, & Mundell, D.B., Biochem. J., **37**, 64 (1943)
* 54 , ., & Rudney, H., Biochem. J., **37**, 473 (1943)

——, & Strelity, F., Nature, **144**, 479 (1939), **145**, 822 (1940)
——, & Rudney, H., Biochem. J., **37**, 59 (1943)
——, ——, Sci., **98**, 201 (1943), **99**, 37 (1944), **100**, 499 (1944), ***102**, 616 (1945)
——, ——, & Strelity, F., Nature, **154**, 737 (1944)
Mendez, R. & Ruvin, A., J. Pharmacol., **72**, 80 (1941)
Meng, C. W., Chin. J. Physiol., **15**, 143 (1940)
Menguli V., Boll. soc. ital. biol. sper., **15**, 666 (1940)
Mentha. J., Sprinz, H., & Barnard R., J. Biol. Chem., **167**,623 (1947)
Meyer, K. H., Helv. Chim. Acta, **20**, 634 (1937)
——, Schweiz. Med. Wsch., **67**, 826 (1937)
Meyerhof, O., In Biological Symposia Lancaster, **3**, 239 (1941)
——, Ann. New York Acad. Sc., **45**, 377 (1944)
Michaelis, L., Arch Mikr. Anat., **55**, 565 (1900)
——, & Manten, M. L., Biochem., **2**. 4933 (1913)
Michaelis, M. & Quastel, J. H., Biochem. J., **35**, 518 (1941)
Michele, G., Boll. soc. ital biol. sper., **19**, 66 (1944)
Mihailesco, V. V., Bull. Acad. Med. Roumanie, **18**, 1/3, 51 (1946), **18**, 1/3, 53 (1946)
——, & Rodulesco, M., Bull. Acad. Med. Roumanie, **18**, 1/3, 56 (1946)
Mihalonis, S. J. & Brown, R H., J. Cell. Comp. Physiol., **18**, 401 (1941)
Mikhel'son, M. Y., Bjull. Exp Biol. Med., **11**, 230 (1941)
——, Farmakol & Toksikol., **6**, 49 (1943)
——, Chem. abstr. **39**, 129 (1945), **41**, 6339, 3496 (1947)
——, J. Physiol. USSR., **32**, 635 (1946)
Milhorut, A. T., J. Clin. Invest., **17**, 649 (1938)
——, Arch. Neurol. Psychiat. **46**, 800 (1941)
Millerd, A. & Bonner, J., Arch. Biochem. Biophys., **49**, 343 (1954)
Millican, R. C., Rusenthal, S. M., & Tabor, H., J. Pharmacol., Exp, Therap, **97**, 4 (1949)
Mills, R. C., Show, S. H., Elvehjem, C. A., & Phillips, P. H., Proc. Soc. Exper. Biol & Med., **45**, 482 (1940)
Minajev, P. F., Bjull eksp. Biol. Med., **13**, 77 (1942)
——, Chem. Abstr., **38**, 2/277 (1944)
Minot, A. S., J. Pharmacol. **66**, 453 (1939)
Minz, B., Arch. exp. Path. Pharmakol., **168**, 292 (1932)
——, C. R. Soc. Biol., **139**, 451 (1945)
——, & Passouant, P., C. R. Soc. Biol., **139**, 950 (1945)
——, ——, Rev. Canad. Biol., **4**, 510 (1945)
Miquel, O., J. Pharmacol., **88**, 190 (1946)
——, & Riker, Jr., W. F., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **60**, 120 (1945)
Mitropolitanskaja, R. L., C. R. Scad. Sci. USSR., **31**. 717 (1941)
Mitsuhashi. S, Murakami. M., Yagi. K.,& Suzuki, E., Jap. J. Exp. Med., **22**,1 (1952)
Monnier A. M., Arch. Intern. Physiol., **38**, 180 (1934)
Moore, A. R., Sci., (Milun) **81**, 16 (1947)
Morgan, A. F., Vitamins & Hormones., **9**, 161 (1951)
——, & Lewis. E. M., J. Biol. Chem. **200**, 839 (1953)
——, & Semms, H. D., Sci., **89**, 565 (1939)
——, ——, & Simms, H. P., J. Nutrition, **20**, 233, 627 (1940)
Morris, H. P., In Vitamins & Hormones, N. Y., Acad. Press, **5**, 175 (1939)
——, & Lppincott, S. W., J. Nat. Cancer Inst., **2**, 29 (1941)
Mundell. D. B., Nature, **153**, 557 (1944)
Muralt, A. V., Experientia, **1**, 136 (1945)
Murray, D. R. P., Biochem. J., **24**, 1890 (1930)
Myero, D. K., Arch. Biochem., **27**, 341 (1950)
Myrback, K., Meth. Fermentfoersch. (Bamann-Myrback) 1507 (1940)

Nachmansohn, D., Bull. soc. chim. biol., **21**, 761 (1939), **34**, 447 (1952)
——, & Lenderer, E., Bull. Soc. chim. biol. Paris, **27**, 777 (1939)
——, Yale J. Biol. Med., **12**, 565 (1940a)
——, Sci., **91**, 405 (1940b)
——, Coates, C. W., & Cox, R. T., J. Gen., Physiol **25**, 1. 75—88 (1941)
——, & Meyerhof, B., J. Neurophysiol., **4**, 348 (1941)

, & Steinbach, H. B., J. Neurophysiol., **5**, 109 (1942)
, Cox. R. T., Coates, C. W., & Machado, A. L., J. Neurophysiol., **5**, 499 (1942)
___, Steinbach, H. B., Machado, A. L., & Spregelman, S., J. Neurophysiol. **6**, 203 (1943)
_, & Machado, A. L., J. Neurophysiol., **6**, 397 (1943)
, John, H. M., & Waelsch, H., J. Biol. Chem., **150**, 485 (1943)
, Cox, R. T., Coates, C. W., & Machado, A. L., J. Neurophysiol., **6**, 383 (1943), **5**, 499 (1946)
, & Machado, A. L., J. Neurophysiol., **6**, 397 (1943)
, & Rothenberg, M. A., Sci., **100**, 454 (1944)
_, & John, H. M., Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **57**, 361 (1944)
* 57 ___, ., J. Biol. Chem., **158**, 157 (1945)
_, . , Sci., **102**, 250—251 (1945)
_, & Rothenberg, M. A., J. Biol. Chem., **158**, 653 (1945)
, in Harris, R. S. & Thimann, K. V., Vitamins & Hormones, New York, **3**, 337 (1945)
, Annals of The New York Acad. Sci. XLVII, **4**, 395—428 (1946)
_, Coates, C. W., & Rothenberg, M. A., J. Biol. Chem., **163**, 1 (1946), **163**, 39—48 (1946)
, John, H. M., & Berman, M., J. Biol. Chem., **163**, 475—480 (1946)
___, & Berman, M. J. Biol. Chem., **165**, 551—563 (1946)
_, Coates, C. W., Rothenberg, M. A., & Brown, M. V., J. Biol. Chem., **165**, 1, 223 (1946)
_, Vitamins & Hormones, **3**, 337—377 (1945)
* 58 _, On the mechanism of nervous action. Pp. 335—356 in : Green, D. E., ed., Currents in Biochemical research, New York, Interscience Publishers, Inc., (1946)
___, Berman, M., & Weiss, M. S., J. Biol. Chem., **167**, 297 (1947)
, Bull. Johns Hopkins Hosp., **83**, 463 (1948)
* 59 ___, & Feld, E. A., J. Biol. Chem., **171**, 715 (1947)
* 60 ., & Weiss, M. S., J. Biol. Chem., **172**, 677 (1948)
_, Hestrin, S., & Vurpaieff, H., J. Biol. Chem., **180**, 875 (1949)
___, Metabolism & Function, 78 (1960)
_, Hormones, **2**, 515, 599 (1950)
* 61 ___, The Neuromuscular Junction. Le Muscle, etude de Biologie et de Pathologie, (1950)
, Biochim. et Biophys. Acta, **4**, 781 (1950)
, Phosphorus Metabolism, **1**, 568 (1951)
___, & Wilson, I. B., Advances in Enzymology, Interscience, New York, **12**, 259—339(1951)
, Wilson, I. B., Korey, S. R., & Berman, R., Ibid., **196**, 25 (1951)
., in E. S. G. Barron. Modern Trends of Physiol and Biochem., Acad. Press, N. Y., 229 (1952)
, Proc. Ist & 2nd., Med. Coferences, (1951—1952)
_, J. Biol. Chem., **224**, 345 (1953)
_, The Harvey Lectures, Acad. Press, N. Y., (1954)
, Harvey Lectures, (1953)
, Amer. J. Phys. Med., **34**, 1 (1955)
, Harvey Lect. XIL, 1953—54 Acad. Press Inc., (1955)
_, Deustche Medizinische Wschenschrift Nr. **5**, 196—198 (1955)
Nastuk, W., Federation Proc., **12**, 102 (1953)
Novelli, G. D., Phosphorus Metabolism, **1**, 271 (1951)
* 62 Novratil, E., Klin. Wschr., *16, 64 (1937), **18**, 963 (1939)
_, Z, Geburtsh. Gynak. **114**, 196 (1937b)
, Arch. Gynak. **168**, 178 (1939b)
Neilands, B. & J. Strong, F. M., Federation Proc., **7**, 176 (1948)
___, ___, Arch. Biochem., **19**, 287 (1948)
Nelson, L. L., U. S. Pub. Health Servic. Pub. Health Reports, **54**, 2250 (1939)
Neuberger, A., & Scott, J. J., Nature, **172**, 1093 (1953)
Nremeyer, H., Crace, R. K., Kennedy, E. P., & Lipmann, F., Federation Proc., **10**, 229 (1951)
___, ___ _, ___, ___, Bol. Soc. Biol. Sanirago Chile, **10**, 54 (1953)
Nitti, F. B., Experientia, **3**, 283 (1947)
Nitzescu, I. I. & Teadoru, C., Bull. Acad. Med. Roumanie, **11**, 19 (1941)
Novelli, G. D., Metabolic Functions of Pantothenic Acid. Physiol. Rev., **33**, 4 (1953)
___, J. Cell. Comp. Physiol., **41**, 164—88 (1953)
_, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 414—417 (1951)

_____, Federation Proc. **12**, 675, 3 (1953)
_____, Physiol. Rev., **33**, 525 (1953)
_____, Flynn, R. M., & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **177**, 493—494 (1949)
_____, Gregory, J. D., Flynn, R. M., & Schmetz, F. S. Jr., Federation Proc., **10**, 229—230 (1951)
_____, & Hoagland, M. B., Abst. 123rd Meet. Amer. Chem. Soc., 26—27 (1953)
_____, Kaplan, N. O., & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **177**, 97 (1949)
_____; _____, _____, Federation Proc., **9**, 209 (1950)
Novelli, G. D. & Lipmann, F., Nature, **171**, 76 (1953)
* 63 _____, _____, Federation Proc., **7**, 177 (1948)
_____, _____, Arch. Biochem., **14**, 23 (1947)
_____, _____, J. Biol. Chem., **182**, 213 (1950), **171**, 833 (1947)
_____, Schmetz, F. J., Jr., & Kaplan, N. O., J. Biol. Chem., **206**, 2, 533 (1954)
_____, _____, J. Biol. Chem., **192**, 181 (1951)
Noyes, A. A. & Sherrill, M. S., Chemical Principles, 397 (1938)

Ochoa, S., J. Biol. Chem., **151**, 493, (1943)
_____, Stern, J., & Schneider. M. C., J. Biol Chem., **193**, 691 (1951)
_____, Harvey Lectures Ser., **46**, 153 (1950/51)
_____, Adv. in Enz., **15**, 183 (1954)
_____, & Stern, J. R., Ann. Rev. Biochem., **21**, 547 (1952)
_____, _____, & Schneider, M. C., J. Biol. Chem., **193**, 631 (1951)
Oleson, J. J., Elvebjem, C. A., & Hart, E. B., Proc. Soc Exp. Biol. Med., **42**, 283 (1939)
Olson, R. E. & Kaplan, N. O., J. Biol. Chem., **175**, 515 (1648)
OKane, D. J. & Gunsalus I. C., J. Bact., **56**, 499 (1948)

Paleus, S., Arch. Biochem. **12**, 193 (1947)
Park, J. T., J. Biol. Chem., **194**, 897 (1952)
Pappenheimer, A. M. Jr., & Hendee, E. D., J. Biol. Chem., **171**, 707 (1947)
Passouant, P., Benezech, C., & Dutarte, J., Presse Med., **53**, 223 (1945), **54**, 690 (1946)
Payot, P., Schweiz. Med. Wschr., **76**, 1159 (1946)
Pearson, P. B., J. Biol. Chem., **140**, 423 (1941)
_____, & Burgin, C. J., Proc. Exp. Biol. Med., **48**, 415 (1941)
Pennoit De Caoman, E., Natuurewt. Tijdschr., **22**, 62 (1940)
_____, & Van Grambergen, G., Verh. Kon. Vlaom. Aead. Wead. Wetensch. Belg., Kl. Wetensh, **4**, 7 (1942)
_____, _____, Chem. Zbl., **11**, 1100 (1943)
Persky, J., Goldstin, M. S., & Livine, R., J. Pharmacol. Exp. Therap., **100**, 237 (1950)
* 64 Peruzzi, P., Boll. soc. ital. biol. sper., **13**, 1182 (1938)
Peters, R. A., Nature, **159**, 149 (1947)
Petrson, C. G. & Reterson, D. R., J. Pharmacol., **84**, 236 (1945)
Phillips, P. H. & Engel, R. W., J. Nutrn., **18**, 227 (1939)
Pichler, E., Arch. Psychiat. Nervenkr, **107**, 669 (1937)
Pighini, G., Biochim, Therap. sper., **25**, 347 (1938)
_____, Bull. Sect. Endocrin, Soc. Roumaine Neurol., **5**, 3 (1939)
_____, Biochim. Therap. sper., **26**, 157 (1939), **26**, 160, 226 (1939), **26**, 260 (1939), **27**, 114 (1940), **28**, 92 (1941), **28**, 51 (1941)
_____, Boll. soc. ital. biol. sper., **15**, 237, 239, 241, 243 (1940)
_____, Athena, **8**, 169 (1939d)
_____, Nevrasse **2**, 41 (1941)
_____, Med sper. Arch. ital., **10**, 173 (1942)
_____, Riv. sper. Freniat., **66**, 327 (1942)
Pinotti, O. & Tanfani, L., Riv. Pat. Nerv. Ment., **53**, 181 (1939)
Pirolli, M., Cuore, **25**, 414 (1941a)
_____, Rif. med., **57**, 12225 (1941b)
_____, Boll. soc. ital. biol., **17**, 435 (1942), **17**, 437 (1942), **17**, 438 (1942)
Plattner, F., Pflügers Arch. Ges. Physiol., **214**, 112 (1926), **220**, 180, 606 (1928), **219**, 181, 678, 686 (1928)
_____, & Galehr, O., Arch. Ges. Physiol., **220**, 606 (1928)
_____, & Hinntner, H., Pflügesr Arch. Ges Physiol., **225**, 19 (1930)
Popjak, G. & Hunter, G. D., 2nd Intern, Congr. Biochem. Abst. Commun., 168

Pulonovski, M., Santenoise, D., & Pelou, A., C. R, Soc. Biol., **137**, 115 (1943)
Poncher, H. G. & Wade, H. W., Arch. Neurol. Psychiat., **41**, 1127 (1939)
Prat, J., de La Cholinesterase du serum Cappeliation clinique, Toulouse., (1945)
Prasser, C. L., Physiol. Rev., **26**, 337 (1946)
Punt, A., Arch. neerl. Physiol., **26**, 212 (1942)
—, Acta brev. Neerl. Physiol., **12**, 40 (1942)

Quastel, J. H. & Wheatly, A. H. M., Proc. Roy. Soc., London, B., **112**, 60 (1932)
* 65 , Jennenbaum., & Wheatly, A. H. N., Biochem. J., **30**, 1668 (1936)

Racker, J., Federation Proc., **12**, 711 (1953)
Rados, A., Arch. Ophal. (Chicago) (N. S.), **30**, 371 (1943)
Rahrman, E., Burget, G. E., & Williams, R. J., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **32**, 473 (1934)
Ralli, E. P, & Graf, I., Endocrinology, **32**, 1 (1943)
Randall, L. O., J. Lab. Clin. Med.. **25**, 1025(1940)
—, & Jellinek, E. M., Endocrinology, **25**, 278 (1939)
Reed, Z. J. & Debusk, B G., J. Amer. Soc., **74**, 4727 (1952), **75**, 1261 (1953)
, , J. Biol. Chem., **194**, 881 (1952)
—, Physiol. Rev., **33**, 544 (1953)
Renshow, R. R. & Bacon, N., J. Amer. Chem. Soc., **48**, 1726 (1946)
Rentz, E., Arch. exp. Path. Pharmakol, **196**, 148 (1940), **198**, 385 (1941)
Regmann, F., Ison, I. B. & Nachmansohn, D., Biochim. et. Biophys. Acta, **6**, 217 (1950)
Rezek, A. & Hass, G., Biochem., **2**, 312 114 (1942)
Richards, Jr., A., G. & Cutkomp, L. K., J. Cell. Comp. Physiol., **26**, 57 (1945)
Richter, D. & Croft, D. G, Biochem J., **36**, 786 (1942)
—, & Lee, M., J. Ment., Sci., **88**, 428, 435 (1942)
Riechert, W., Arch, exp. Path. Pharmakol., **194**, 546 (1940)
, & Frisch, W., Arch. exp. Path. Pharmakol., **200**, 235 (1942)
—, & Schmid, E., Arch. exp. Path. Pharmakol., **199**, 66 (1942)
, & Schnarrenberger, C., Arch. exp. Path. Pharmakol., **200**, 225 (1942)
—, & Wieland, J., Arch. Exp. Path. Pharmakol., **197**, 629 (1941)
Richter, D. & Croft, P. G., Biochem. J., **36**, 746 (1942)
—, & Crossland, J., Am. J. Physiol., **159**, 247 (1949)
Ricker, W. F. & Clarke, W., J. Pharmacol. Exp. Therap., **88** (1946)
Riggs, T. R. & Hegsted, D. M., J. Biol. Chem., **172**, 539 (1948)
Riker, Jr. W. F. & Wescoe, W. C., J. Pharmacol., **88**, 58 (1946)
, —, Feder, Proc. Amer. Soc. Exp. Biol., **5**, 198 (1946)
—, Pharmacol. Rev., **5**, 1 (1953)
Rimband, L., Passovant, P., Benezech, C., & Vullat, G., Presse Med **54**, 608 (1946)
Ringrose, H. T. & Norris, L. C., J. Nutrition, **12**, 535 (1936)
Rinkel, M., & Pijoan, M., J. Pharmacol., **64**, 228 (1938)
Rinawskaja. A. M., C. R. Acad. Sci. USSR., **26**, 826 (1940), **27**, 97 (1940)
Robuschi, L., Boll. soc. ital. biol. sper. **17**, 180 (1940)
Ruca, J., & Llamas, R., An. Inst. Biol, (Mexico), **14**, 321 (1943)
Roeder, K. D., Kennedy, N. K., & Samson, E. A., J. Neurophysiol., **10**, 1 (1947)
Ruepke, M. H., J. Pharmacol., **59**, 264 (1937)
, & Welch, A. de M., J. Pharmacol., **56**, 319 (1936)
—, J. Pharmacol. Exp. Therap., **59**, 264 (1937)
Romeis, B., Mikroskopische Technik., 234 (1948)
Rosen. S. R., & Borenstein, M. V., Psychiat. Quanrt., **15**, 163 (1941)
* 66 Rothenberg, M. A., J. Biol. Chem., **161**, 419 (1945)
, & Nachmansohn, D., Feder. Proc., Amer. Soc. exp. Biol., **4**, 101 (1945)
—, — —, J. Biol, Chem., **168**, 223 (1947)
Rosenthal, S. M., Millican, R. C., & Rabor, H., Private Communication.
Rubino, A., Ormoni, **2**, 595 (1940)
Rumma, K. & Sibul, I., Z. Ges. Exp. Med., **112**, 686 (1943)
Runcan, V., Arch. exp. Path. Pharmakol., **195**, 439 (1940)
Russel, C. K., Okom, G., & McEachern, D., Trans. Amer., Neurophysical., **64**, 120 (1938)
Russell, W. R. & Stedman, E., Lancet, **231**, 742 (1936)

Sabine, J. C., J. Clin. Invest., **19**, 833 (1940)
Sack, A. & Zeller, E. A., Sci., **97**, 449 (1943)
Salmon, W. D. & Engel, R. W., Proc., Soc. Exp. Biol. Med, **45**, 621 (1940)
Sanadi, E. R. & Littlefield, J. W., J. Biol. Chem., **193**, 683 (1951), **201**, 103 (1953)
, ———, Sci., **116**, 327 (1952)
——, ———, & Boch, R. M., J. Biol. Chem., **197**, 851 (1952)
Sandza, H. J. & Crecedo. L, R., J. Nutrition, **21**, 609 (1941)
Santenoise, D. & Bovet, D., C. R. Acad., Sci. Paris, **212** (1936)
* 67 Sanz, M. C., Helv. Physiol. Pharmacol. Acta, **2**, 29 (1944), ***3**, 14 (1945)
———, Experientia, **2**, 111 (1946)
Sarker, B. B., Maitra., S. R., & Ghash, B. N., Indian J. Med. Res., **30**, 433 (1942)
Sarma, P, S., Menon, P. S., & Venkatachalam, P. S., Current Sci., **18**, 367 (1949)
Saviano, M., Boll. soc. ital. biol. sper., **17**, 24 (1942)
Sawyer, C. H., Anat. Rec., **78**, suppl., 57 (1940)
———, Proc. Soc. Exp. Biol. Med, **49**, 37 (1942)
———, J. Exp. Zool., **92**, 1 (1943), **94**, 1 (1943)
——, J. Cell. Comp. Physiol., **24**, 71 (1944)
——, Sci,, **101**, 885 (1945)
———, Amer. J. Physiol., **141**, 246 (1946)
———, Federation Proc. Amer. Soc. Exp. Biol., **5**, 91 (1946)
———, & Everett, J. W., Endocrinology, **39**, 307 (1946)
, ——, Anat. Rec., **94**, 494 (1946)
* 68 ——, ——, Amer. J. Physiol., **148**, 675 (1947)
——, & Hallinshead, W. H., J. Neurophysiol., **8**, 137 (1945)
Schachter D. & Taggart, J. V., J. Biol. Chem., **203**, 925 (1953), **204**, 925 (1953)
Schachter, M. & Dwarkin, S., Amer. J. Physiol., **137**, 599 (1942)
Schachter, H., Pjlugers Arch. Ges. Physiol., **249**, 405 (1947)
Schaefer, A. E., Mckibbin, J. M., & Elvehjem, C. A., J. Biol. Chem., **134**, 321 (1942)
Schales, O. & Schales, S. S., Arch. Biochem., **11**, 445 (1946)
Schaller, K., Z. Physiol. Chem., **276**, 271 (1942)
———, Z. Klin. Med., **141**, 565 (1942)
* 69 Schar-Wuthnick, B., Helv. Chim. Acta, **26**, 1836 (1943)
Scheiner, H., C. R. Soc. Biol,, **130**, 747, 752 (1939), **140**, 34 (1946)
Schlyer, W. L., Biochim. et. Biophys. Acta (unpublished),
———, Elsevier Publishing Co., 1954 (1954)
Schmidt, G. & Thannhauser, S. J., J. Biol. Chem., **149**, 369 (1943)
Schneider, W. C. & Hageboom, G. H., J. Biol. Chem., **183**, 123 (1950)
Schultz, R. B., Winters, R. W., & Krehl, W. A., Endocrinology, **51**, 336 (1952)
Schweet, R. S. & Cheslock, K., J. Biol. Chem., **199**, 749 (1952)
———, in Phosphorus Metabolism I, edited by McElroy & Glass. Baltimore : Johns Hopkins Press, (1951)
Schweitzer, A., Stedman, E., & Wright, S., J. Physiol., **96**, 302 (1939)
Schummelfeder, N., Klin. Wschr., 24/25, 113 (1946)
———, N., Arch. exp. Path. Pharmakol., **204**, 454 (1947), **204**, 469, 567, 626 (1947)
Schütz, F., J. Physiol., **102**, 259, 269 (1943)
, Nature, **148**, 725 (1941)
———, Quart. J. exp. Physiol., **33**, 35 (1944)
Scott, C. C., Chen, K. K., Kohlslaedt, K. G., Robbins, E. B.,& Israel, F. W., J. Biol. Chem. **91**, 147 (1947)
Scoz, G. & Cattaneo, C., Enzymologia, **4**, 157 (1937)
——, & De Michele, G., Boll. soc. ital. biol. sper., **19**, 5 (1944a), **19**, 24 (1944b)
Seaman, G. R. & Houlihan, R, K., J. Cell. Comp. Physiol.. **37**, 309 (1951)
, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **76**, 169 (1951)
, & Houlihan, R. K., J. Cell. Comp. Physiol., **37**, 303 (1951)
Seidliz, O. V., Bull. Biol. Med. exp. USSR **6**, 179 (1938), **7**, 432 (1939)
Sekine, T., J. Bioch., **38**, 171 (1951)
———, Tanaka, K., Watanabe, M., & Kuwabara, S., Juntendo Med. J. I, **46—47** (1955)
Seldberg, W., J. Physiol., **101**, 432 (1943)
* 70 Sepulveda, J. & Croxatto, H., An. Acad. Biol. Univ. Chile., **3**, 31 (1940)

Seubert, W. & Lynen, F., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 2787 (1923)
Shamarina, N. M., Bull. Biol. Med. exp. USSR., **8**, 67 (1939)
_ _, J. Physiol. USSR., **28**, 650 (1941)
_____, Ber. Ges. Physiol., **122**, 77 (1941)
Shaw, F. H., Aust. J. exp. Biol. Med. Sci., **13**, 251 (1935)
Shemin, D. & Wittenberg, J., J. Biol. Chem., **192**, 315 (1951)
_ _, & Russel, C. S., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 4873 (1953)
Shuster, L. & Kaplan, N. O., J. Biol. Chem., **201**, 535 (1953)
Simon, E. & Shemin, D., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 2520 (1953)
Simonart, A., Rev. Belge Sci. Med., **3**, 757 (1931), **5**, 73 (1933)
Skeggs, H. R. & Wright, L. D., J. Biol. Chem., **156**, 21 (1944)
Slaughter, D. & Lackey, R. W., Proc. Soc. Exp. Biol., **45**, 8 (1940)
Smith, C. C., & Glick, D., Biol. Bull., **77**, 321 (1939)
_____, Jackson, B., & Prusser, C. L., Biol. Bull., **79**, 377 (1940)
Snell, E. E. & Brown, G. M., Adv. in Enz., **14**, 49 (1953)
_____, _____, Peters, V. J., Craig, J. A., Wittle, E. L., Moore, J, A., McGlahon, V. M., & Bind, O. D., J. Amer. Chem. Soc.. **72**, 5349—5350 (1950)
_____, Strong, F. M., & Peterson, W. H., Biochem. J., **31**, 1789 (1937)
Sohotka, H. & Antopol, W., Enzymologia, **4**, 189 (1937)
Soodak, M., & Lipmann, F., J. Biol. Chem., **175**, 999 (1978)
Speck, J. F., J. Biol. Chem., **168**, 403 (1947), **179**, 1378 (1949)
Spoor, H. J. & Ralli, E. P., Endocrinology, **35**, 325 (1944)
Sprinson, D. B. & Rittenberg, D., Nature, **169**, 484 (1951)
Srere, P. A. & Lipmann, F., J. Amer. Chem. Soc.; **75**, 4874 (1953)
Stadne, W. C., Riggs, B. C., & Haugaarad, N., J. Biol. Chem., **181**, 175 (1945)
Stadtman, E. R., Federation Proc., **9**, 233 (1950)
_ _, Abstr. 119th Meet. Amer. Chem. Soc., Boston, April, Abstr., 15 (1951)
_____, Abst., Amer. Chem. Soc., Atlantic City, Sept., 14, (1952)
Stedman, E. & Russell, W. R., Biochem. J., **31**, 1987 (1937)
, _____, J. Physiol., **84**, 56 (1935)
, Biochem. J., **25**, 1147 (1931), **29**, 2107 (1935a), 2563 (1935b)
, & Easson, L. H., Biochem. J., **26**, 2056 (1932)
, & White, A. C., Biochem. J., **27**, 1055 (1933)
Steensholt, G. & Venndt, H., Acta Physiol, Scand., **10**, 23 (1945)
, Acta Physiol. Scand., **5**, 360 (1943)
Stern, J. H. & Ochoa, S., J. Biol. Chem., **191**, 161 (1951)
Stern, J. R., Shapiro, B., Stadtman, E. R., & Ochoa, S., J. Biol. Chem., **193** (1951)
, Ochoa, S., & Lynen, F., J. Biol. Chem., **198**, 313 (1952)
Stoerk, H. C. & Morpeth, E., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **57**, 154 (1944)
Stoner, H. B. & Wilson, A., J. Physiol., **102**, 1 (1943)
Straus, O. H. & Galdstein, A., J. Gen. Physiol., **26**, 559 (1943)
Strelitz, F., Biochem. J., **38**, 86 (1944)
Stropeni, L. & Battezzati, M., Klin. Wschr., **21**, 357 (1942)
Stiittgen, S., Klin. Wschr., **24/25**, 758 (1947)
Süllmann, H., Experientia., **1**, 25 (1945)
, & Birkhäuser, H., Schweiz. Med., Wschr **69**, 648 (1939)

Tabachnick, I. I. A. & Donnycastle, D. D., Nature, **172**, 400 (1953)
Tabias, J. M., Lipton, M. A., & Lepinut, A. A., Proc. Soc Exper. Biol. & Med., **61**, 51 (1946)
Tahmisian, T. N., J. Exp. Zool., **92**, 199 (1943)
_____, Rec. **81**, Suppl., 122 (1941)
Teague, P. C. & Williams, R. J., J. Gen. Physiol., **25**, 777 (1942)
Thimann, K. V., Arch. Biochem., **2**, 87 (1942)
Thomus, J. A. & Nachmansohn, D., C. R. Soc. Biol., **128**, 577 (1938)
Thompson, R. H. S., J. Physiol., **105**, 370 (1947)
* 71 _____, & Whittaker. V. R., Biochem., **38**, 295 (1944)
Thompson, V., Kallros, J. J., & Tice, A., J. Pharmacol., **73**, 455 (1941)
Tubias, J. J. & Savit, J., J. Cell. Comp. Physiol., **28**, 159 (1946)
Tod, H. & Jones, M. S., Quart. J. Med. (N. S.), **6**, 1 (1937)
, _____, Edinb. Med. J., **44**, 46 (1937)

Toman, J. E. R., Woodbury, J. W., & Woodbury, L. A., J. Neurophysiol., **10**, 429 (1947)
* 72 Torda, C., Biochim. Therap. sper., **25**, 532 (1938)
———, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **51**, 398 (1942), **53**, 121 (1943b)
———, J. Pharmacol., **77**, 50 (1943a)
———, & Martini. E., Boll. soc. ital. biol. sper., **13**, 1056 (1938)
———, & Wolff, H. G.. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **57**, 236 (1944)
———, ———, Amer. J. Physiol., **146**, 567 (1946)
Trowbridge, C., Proc. Soc. exp. Biol. Med., **47**, 519 (1941)
Tsuji, R., Pfügers Arch. Ges. Physiol., **229**, 344 (1932)

Unna, K. & Sampson, W. L., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **45**, 309 (1940)
Utter, M. F., Lipmann, F., & Werkman, C. H., J. Biol. Chem., **158**, 521 (1945)
———, & Werkman, C. H., **2**, 491 (1943)
———, ———, Arch. Biochem., **5**, 413 (1944)
Uvnas, B. & Wolff, H., Skand, Arch. Physiol., **77**, 86 (1937)

Vahlquist, B., Skänd. Arch. Physiol., **72**, 133 (1935)
Vandelli, I. & Scaltriti, F., Boll. soc. ital. biol. sper., **18**, 77 (1943)
———, ———, Chem. Abstr,. **41**, 782 (1947)
Verebely, Jr., T. V., Klin. Wschr., **15**, 11 (1936), **16**, 851 (1937)
Veick, S. F., J. Biol. Chem., **203**, 563 (1953)
Vickery, H. B. & Leavenworth, C. S., J. Biol. Chem., **63**, 579 (1925)
Villasente, J. G., Rev. Clin, **3**, 526 (1941), **6**, 317 (1942)
———, Vivanco, F., & Jimenez Diaz, C., Rev. Clin. espan **10**, 378 (1943)
Vincent, D., L'acetylcholine et son role dans l'orgarnisme animal Paris, (1938)
———, Presse Med., **54**, 261 (1946a), **54**, 571 (1946b)
———, C. R. Soc. Biol., **141**, 832 (1944)
———, & Beanjard, P., Bull. Soc. Chem. Biol., **25**, 1358 (1943)
———, ———, Ann. Pharm. Franc., **3**, 22 (1945)
———, & Brica, J., Ann. Pharm. Franc., **4**, 187 (1946)
———, & Brygoo, P., Ann, Biol. Clin., **3**, 33 (1945)
———, ———, Bull. Soc. Chem. Biol., **28**, 174 (1946)
———, ———, Presse Med., **53**, 271 (1945)
———, ———, & De Prat, J., Presse Med., **53**, 271 (1945)
Vincent, D. & Jullien, A., C. R. Soc. Biol., **127**, 628, 631 (1938)
———, ———, J. Physiol. Path. Gen., **37**, 35 (1939)
———, ———, C. R. Soc. Biol., **135**, 1646 (1941)
———, & Malbec, M., Presse Med., **54**, 577 (1946)
———, ———, Le Poumon., 117 (1947)
———, & Mathou, T., C. R. Acad. Sci. Paris, **220**, 148 (1945)
———, & Maugein, Bull. Sci. Pharmacol., **49**, 141, 165 (1942)
———, & De Prat, J., C. R. Soc. Biol., **136**, 821 (1942), **139**, 1146 (1945), **139**, 1148 (1945b)
———, Segonzac, G. & De Prat, J., Ann. Biol. Clin., **2**, 35 (1944)
———, & Sero, I., C. R. Soc. Biol., **136**, 612 (1942)
———, ———, Bull. Soc. Biol. Chem., **24**, 1352 (1942)
———, & Truhaut, R., C. R. Soc. Biol., **141**, 65 (1947)
Vitale, J. J. & Hegsted, D. W., Federation Proc., **11**, 457 (1952)
Vittoz, A., Presse Med., **54**, 450 (1946)

Waelsch, H. & Nachmansohn, D., Proc. Exp. Biol. Med., **54**, 336 (1943)
———, & Rackow, H., Sci., **96**, 386 (1942)
Wakil, S. & Mahler, H. R., Federation. Proc., **12**, 285 (1953)
Wang, T. P., Shuster, L., & Kaplan, N., J. Amer. Chem. Soc., **74**, 3204 (1952)
Warburg, O. & Christian, W., Biochem. Z., 150 (1938)
Wattenwyl, H. V., Bissegger, A., Maritz, A., & Zeller, E. A., Helv. Chim. Acta, **26**, 2063 (1943)
———, ———, ———, ———, Schweiz. med. Wschr., **74**, 607 (1944)
Weber, A., Amer. J. Phys. Med., **34**, 19–32 (1955)
Webb, D. A. & Young, J. Z., J. Physiol., **98**, 299 (1940)
Webb, E. C. & Van Heyningen, R., Biochem. J., **41**, 74 (1947)
Weber, H., Wien. Klin. Wschr., **55**, 687 (1942)

Webb, J. L. & Elliott, K. A. C., J. Pharmacol. Exp. Therap., **103**, 24 (1951)
Webster, G. C., Arch. Biochem, et. Biophys., **47**, 247 (1953)
Weekere, R., C. R. Soc. Biol., **140**, 567 (1946)
Weiland, W., Arch. Ges. Physiol., **147**, 171 (1912)
Weinhouse, G., Medes, G., & Flayd, N. F., J. Biol. Chem., **166**, 691 (1946)
Weinhouse, S. & Millington, R. H., J. Amer. Chem. Soc., **69**, 3089 (1947)
Wels, P. & Repke, K., Arch. exp. Path. Pharmakol., **204**, 323 (1947)
Welsh, J. H. & Hyde, J. E., J. Neurophysiol., **7**, 41 (1944)
Wense, J., Fermentforsch., **15**, 291 (1937)
Werle, E., Fermentforsch. **17**, 230 (1943)
, & Stütgen, G., Klin. Wschr., **21**, 821 (1942)
———, & Uebelmann, H., Arch. exp. Pharmakol., **189**, 421 (1938)
Wescoe, W. C., Hunt, C. C., Riker, W. F., & Litt, I. C., Amer. J. Physiol., **149**, 549 (1947)
White, A. C., Biochem. J., **27**, 1055 (1933)
White, J. & Winternitz, M, C., Amer. J. Cancer., **36**, 269 (1939)
Wilson, A. & Stoner, H. B., Quart. J. Med. (N.S.), **13**, 1 (1944)
Williams, R. J., *et al.* J. Amer. Chem. Soc., **55**, 2912 (1935)
Williams, R. J., Adv. in Enzymol., **3**, 253 (1943)
—, & Major, R. T., Sci., **91**, 246 (1940)
———, Lyman, C. M., Goodyear, G. E., Truesdail, J. H., & Haladay, D., J. Amer. Chem. Soc., **55**, 2912 (1933)
———, Truesdail, J. H., Weinstock, H. H., Rohrman, E., Lyman, C. M., & McBurney, C. H., J. Amer. Chem. Soc., **60**, 2719 (1938)
Williams, E. G., J. Nerv. Ment Dis., **99**, 65 (1944)
Williams, W. L., Hoff-Jrgensen, E., & Snell, E. E., J. Biol. Chem., **177**, 933, 940 (1949)
Wilkinson, J. H., Biochem. J., **54**, 485 (1953)
Wilson, C. E. & Lucas, H. J., J. Amer. Chem. Soc., **58**, 2396 (1936)
Wilson, I. B. & Bergmann, F., J. Biol. Chem., **185**, 479 (1950), **186**, 683 (1950)
—, ———, & Nachmansohn, D., J. Biol. Chem., **186**, 781 (1950)
———, Biochim. et Biophys. Acta, **1**, 466 (1951), **7**, 520 (1951)
—, J. Biol. Chem., **190**, 111 (1951), **197**, 215 (1952), **199**, 113 (1952)
—, in Nerve Impulse, Transaction. of the 3rd Torish Macy, Jr. Conference (1952)
—, & Cohen, M., Biochim. et Biophys. Acta, **11**, 147 (1953)
, & Meislich, E. K., J. Amer. Chem. Soc., **75**, 4628 (1953)
—, & Nachmansohn, D., Ion Transport Across Membranes, ed. by H. T. Clarke, Acad. Press, N. Y., p35 (1954)
* 73 ———, In "The Mechanism of Enzyme Action" (W. D. McElroy & B. Glass, eds.) p642, The J. H. Press, Baltimore, (1954)
* 74 ———, In McElroy & Glass : Enzyme Mechanisms. The John Hopkins Press, **642** (1954)
* 75 Wintrobe, M. M., Miller, M. H., Follis, R. H., Stein, H. J., Mushatt, C., & Humphreys, S., J. Nutrition, **24**, 345 (1942)
Winters, R. W., Schultz R. B., & Krehl, W. A., Endocrinology, **50**, 377 (1952), 388 (1952)
Woolley, D. W., Waismar. H. A., & Elvehjem, C. A., J. Biol. Chem. **129**, 573 (1939)
* 76 Woodburg, R. A., Abreu, B. E., Torpin, R., & Fried, P. H., J. Amer. Med. Ass., **128**, 585 (1945)
Wright, C. I., J. Pharmacol., **75**, 328 (1942), **87**, 109 (1946)
—, & Sabine, J. C., J. Pharmacol., **78**, 375 (1943)
Wright, M. & Mendel, B., J. Biol. Chem., **164** 385 (1946)
Wintersteiner, O. & Dutcher, J. D., Sci., **97**, 467 (1943)

Yakati, Y., Acta, Soc. Ophthal. Japan., **43**, 1617 (1939)
Youmans, W. B., Karstens, A. I., & Griswold, Jr., H. E., J. Pharmacol., **80**, 205 (1944)
Young, J. Z., Trans. 3rd Conf. on Nerve pulse, p. 116, Jasiah Macy, Jr. Foundation.
Youngstrom, K. A., J. Neurophysiol., **1**, 357 (1938), **4**, 473 (1941)
—, Woodhall, B., & Fraves, R. W., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **48** (1941)

Zipf, K., Zbl. Inn. Med., **63**, 129 (1942)
Zinnitz, F. & Rentz, E., Arch. exp. Path. Pharmakol., **195**, 329 (1940)
———, Arch. exp. Path. Pharmakol., **194**, 316 (1940)
Ziff, M., Jahn, F. P., & Renshaw, R. R., J. Amer. Chem. Soc, **60**, 172 (1938)
Zeller. E. A., Birkhauser, H., Mislin, H., & Wenk. M., Helv. Chim. Acta, **22**, 1381 (1939)

Zeller, E. A. & Birkhauser, H., Helv. Chim. Acta, **23**, 1457 (1940), **24**, 120 (1941)
——, ——, Ver. Schweiz., Physiol., **18**, 15 (1941)
——, Ver. Schweiz., Physiol., **19**, 35 (1941)
——, & Joel, C. A., Helv. Chim. Acta., **24**, 968 (1941)
* 77 ——, Birkhauser, H., Wattenwyl, H. A., & Wenner, R., Helv. Chim. Acta, **24**, 962, 1465 (1941)
* 78 , Helv. Chim. Acta, **25**, 216 (1942a), 1099 (1942b)
, & Bissegger, A., Helv. Physiol. Pharmacol., Acta, **1**, C 86 (1943)
, ——, Helv. Chim. Acta, **26**, 1619 (1943)
, Helv. Physiol. Acta, **2**, C 23 (1944)
* 79 —, Kocher, V., & Maritz, A., Helv. Pharmacol. Acta, **2**, C. 63 (1944)
, & Maritz, A., Physiol. Pharmacol Acta, **3**, C. 19 (1945)
, Experentia, **3**, 375 (1947)

Translated by S.W.
See Reprint File

印度洋中部海域に於ける鮪延繩漁業試驗の結果について※

片　岡　昭　吉

At the Middle Indian Ocean about Result of Tuna Longline Fishing Examination.

By

Akiyoshi KATAOKA

During a period from December 15, 1954 to January 14, 1955 experimental operations of tuna long-line fishery were conducted by the Shunkotsu-maru in the central part of the Indian Ocean with the following results:-

1) Shoal of tuna (mostly yellowfin) seem to be distributed widely so far as the operations are concerned.
2) Yellowfin amounts to about 79% of the total catch, and mostly ranges 130—140 cm in body length.
3) Those tunas which fell victims to Shark's attack totaled 20.2% of the whole, the rate of which was nearly obtained in similar pursuits in some other sea areas.
4) Albacore seems to increase gradually in number southwestward from 68°E, 3°S.

緒　　言

印度洋方面に於ける鮪延繩漁業は，1930年の初め白鷹丸によるベンガル湾東部のアンダマンとニコバル群島，及びセイロン島南西のマルデイブ群島沿海での試驗操業に始り，続いて1933～34年榛名丸がジヤワ・スマトラ沿海で試驗操業し，何れも有望漁場であることが充分認められていたのであるが，以来永年の間杜絶えていたものである。

実習船俊鶻丸は，1953～54年にかけて，アンダマン・ニコバル群島及び，スンダ列島海域に於いて試驗操業を行つたが，1954～55年に於いても，学生の鮪延繩漁業実習と併行し，水産庁の漁場開発実施計画に基づいて印度洋中部海域の試驗操業を2回に亘つて実施した。

勿論，本船の短期間操業の調査資料を以つて，広大なる海域に棲息する鮪類の全貌を明らかにすることは不可能であるが，未開発漁場の解明の一端となれば幸甚であり，今後に於いても，調査は続行される予定である。

※ 水産講習所研究業績　第197号

俊鶻丸の漁撈設備及び漁具概要

この試験操業は，俊鶻丸の性能の関係上，投縄は本船（588.07屯）が行い，揚縄に当つては，本船搭載の軽合金（耐蝕アルミ）製漁艇が使用された。

漁艇は長さ・9 m，深さ・1 m，巾・1 m80で，デイゼル15馬力エンヂンを備え，泉井式中型ラインホーラー1台（直結式）を設備している。

使用された漁具は，綿糸，及びクレモナの鮪延縄で，その構成は，（第1図に示す通り）1鉢の幹縄の長さ227 m，浮子縄の長さ23 m，枝縄の長さ24 m，5本付きであつた。

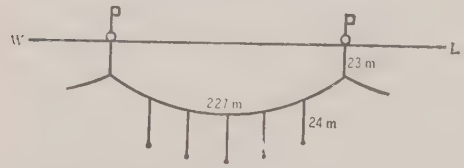


Fig. 1. The chart of organization for long line.

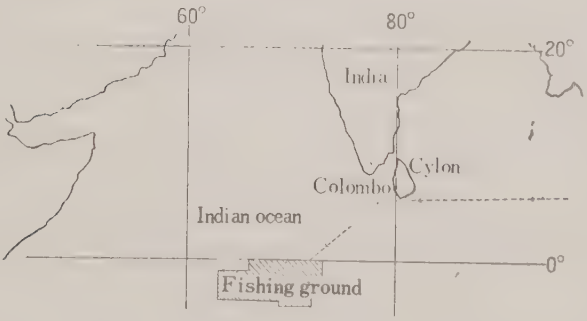


Fig. 2. Showing the course of the cruise and fishing ground.

試験操業の概要

1954年12月より1955年1月の間に，2回の操業を，第2図の漁場即ちマルデイブ群島とチヤゴス群島の中間以西の印度洋中部で実施した。

1回目は0°—30′ S～2°—30′ S．70°—30′ E．～74°—30′ E．の間に於いて，2回目は2°—30′ S．～3°—30′ S．68° E．～67°—30′ E．の間に於いて操業を実施したのであるが，其の概要は，第1表の通りで，第1回に比べ第2回目は，約2倍以上の漁獲率を示し，特に1月14日操業の地点では，キハダの漁獲率は，両航海中最高の22.3%を示した。

海　況　概　要

本海域に於ける2回の操業は0°～4° S．75°～67° Eの間で，大体ESE～E～ENEの流速0,6～1.5節の海流があり，その主漁場は赤道反流北部海域であると推定される。第2表に示す通り，天候は良好であつたが，毎日の如くスコールがあり，風向N～W，風力1～4の風が連日吹いたが，操業には何等支障なかつた。第一回操業に於ける，平均気温28.9° C．平均水温は，表面28.6° C．50米26.9°．100米22.9°で，第二回操業に於いては，平均気温は30.8°．平均水温は，表面29.6°．50米25.2．100米19.9°で，後者の方が，気温及び表面水温で稍々高温を示し，50米以深の水温は稍々低温を示した。

漁況及び釣獲状況

1．一般漁況

漁獲された魚種は，第3表の通り，大部分キハダマグロ Yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) であり，その他に，メバチ Bigeyed tuna (*Parathunnus sibi*)．ビンチョウ Albacore (*Germo germo*)．及び メカジキ Swordfish (*Xiphias gladius*)．マカジキ Spearfish (*Makaira mitsukurii*)．シロカジキ Giant black marlin (*Makaira marlina*)．クロカジキ Black marlin (*Makaira mazara*)．バセウカジキ Sailfish (*Istisphorus orientalis*) であつた。

Table 1. General conditions of fishing.

Number of Voyage	Date	Position	Number of Hooks	Yellow-fin tuna	Alba-core	Bigey-ed tuna	Spear- and Sail-fishes	Shark	Injured by Shark	Total, excluding the Injured by Shark
	1954	S 0°—42′								
	Dec. 15	E 74°—36′	600	3		8	4	9	8	24
		S 1°—13′								
	16	E 73°—32′	600	3		3	3	8	3	17
		S 1°—15′								
	17	E 72°—20′	600	30		6	1	11	10	48
		S 1°—06′								
I	18	E 71°—33′	400	16		2	2	10	4	30
		S 1°—56′								
	19	E 71°—15′	600	43		5	6	15	14	59
		S 1°—56′								
	20	E 71°—15′	500	22	1	3	2	8	3	36
		S 2°—15′								
	21	E 70°—42′	600	25		8	3	11	7	47
		S 2°—20′								
	22	E 71°—01′	400	35	1	5	3	6	2	50
	1955	S 2°—00′								
	Jan. 6	E 68°—11′	700	53	1	1	5	1	13	61
		S 2°—26′								
	7	E 68°—33′	700	30	2	3	3	11	9	49
		S 3°—02′								
	8	E 68°—10′	700	61	6	3	6	6	22	82
		S 2°—32′								
II	9	E 68°—12′	700	74	9	1	4	13	20	101
		S 3°—19′								
	10	E 68°—19′	700	64	5	2	5	4	17	80
		S 3°—12′								
	12	E 68°—00′	700	79	2	3	2	7	30	93
		S 3°—10′								
	13	E 67°—59′	600	112	9	2	2	11	10	136
		S 3°—17′								
	14	E 67°—43′	650	145	7	8	3	5	13	168

Table 2. General Oceanographical Conditions.

Number of Voyage	Date	Weather	Wind		Air Temper-a-ture	Oceanogra-phical Conditions	Sea Temperature			Current	
			Dire-ction	Force			0 m	50 m	100 m	Set	Drift
	1954						° c				K
	Dec. 15	b c	N N W	2	29.5	1	29.0	26.9	26.4	E / N	1.5
	16	b c	W	4	29.5	3	28.5	26.9	25.3	E	1.0
	17	c	N W	4	29.5	3	28.9	27.2	22.9	E	1.0
I	18	c	W / N	4	28.0	3	28.9	27.3	21.7	E	1.0
	19	b c	N N W	3	29.5	2	28.5	27.2	23.3	E	0.6
	20	b	W	3	30.0	1	29.0	26.6	22.7	E N E	1.0
	21	b c	W	3	29.5	1	28.5	26.9	19.5	E / N	0.7
	22	r	W S W	1	26.0	1	27.5	26.4	21.1	E / S	0.9
	1955										
	Jan. 6	b c	N	1	28.9	1	29.5	26.7	21.7	E S E	0.8
	7	b	N	2	31.7	2	29.0	26.1	19.2	E / S	1.1
	8	c	N N W	2	30.3	2	29.0	22.6	19.5	E	1.0
II	9	b c	N	2	31.4	1	30.0	26.1	20.5	E / S	1.3
	10	b	N	1	30.0	1	31.0	21.4	17.8	E	1.0

12	b c	N	2	30.5	1	29.5	26.3	20.4	E/S	0.75
13	b	N	2	31.5	2	29.1	24.9	20.6	E	1.0
14	c	N	1	32.0	1	29.5	27.9	23.6	E/S	0.9

Table 3. Composition for each fish

Number of Voyage		Yellowfin tuna	Albacore	Bigeyed tuna	Spear-and sail-fish	Shark	Bonito etc	Total
I	Quantity	177	2	40	24	68	12	323
	%	54.9	0.6	12.4	7.4	21.0	3.7	100
II	Quantity	618	41	23	30	58	2	772
	%	80.1	5.3	2.9	3.9	7.5	0.3	100
General Total	Quantity	795	43	63	54	126	24	1095
	%	72.6	5.8	3.9	4.9	11.5	1.3	100

各操業日に於ける使用鈎数，釣獲尾数，及び釣獲率は第1表と第4表に示す通りである。二航海の釣獲率の平均は，キハダが最高で，7.9%を占め，ビンナガ0.4．メバチ0.7．カジキ類0.6．サメ類1.3となつている。其の他僅か乍ら，かつお，沖かます，沖サワラ等があつたが本表には掲載しなかつた。

漁獲物の魚種別組成は，第3表の通りで，キハダが両航海を通じて最も多く72.6%を占めている。

キハダは当海区では，周年高率を示しているが，冬季が最も高い様で，セイロン海区と比較しても，又9°S～12°Sの南方海域に比較しても高い。

メバチの釣獲率は海域に依る差は無いようであるが，セイロン海区に比較して低い。

ビンナガは海域に依つて率を非常に異にしている。即ち12°S附近で操業したものに比し非常に低い。此の傾向は北赤道流域，反流域に低く，収斂線附近に高いと謂う，上村の報告[3]と一致する。

各航海別にみると，71°E一帯を中心漁場とした第1回目は，キハダは釣獲率一日平3.99で総漁獲の54.4%．メバチは，0.95で13.8%，カジキ類は，0.65で9.2%となつており，サメ類は割合に多く，1.6で22.3%を占めている。

68°E一帯を漁場とした第2回目に於いては，キハダの増加が目立ち，メバチ，サメ類が減少している。即ち，キハダは，釣獲率一日平均11.46で総漁獲の80.1%を占め，メバチは，2.3で2.9%となり，カジキ類は4.0で3.9%，サメ類は，7.7で7.5%となつており，これにビンナガが増加して5.1で5.3%を占めている。其の他僅かに雑魚が前回に於て3.7%，2回目0.3%となつている。又サメ喰は1回目51尾でサメ喰率21.1%．2回目134尾で19.2%で，両航海共大差がなかつた。

2．魚群の垂直的分布（各鈎別に依る釣獲率）

延縄漁具によつて漁獲される，所謂，中層マグロ類が，どの位の深さに最も多く棲んでいるかを知ることは，最も重要なことであるが，中村（1943），越智（1952）其の他多くの研究者に依つて，延縄の鈎の正確な深さを確かめることは出来なかつたが，キハダ，メバチの漁獲率

は，鈎の深さが深い程よい率を示すことを述べている。然し，このより良い高率を示す深さの限界と，これ等各層を回游する魚群が，全く異るものであるか，或は同一魚群が環境其の他の支配等に依つて，棲息又は，回游する深さを異にするものであるのか，等の問題については，未だ解決されていない。

Table 4. Angling rate for each fish (%)

Number of Voyage	Date	Number of Hooks	Yellowfin tuna	Albacore	Bigeyed tuna	Spear and Sail fish	Shark	Total
	1954							
	Dec. 15	600	0.5		1.3	0.7	1.5	4.0
	16	600	0.5		0.5	0.5	1.3	2.8
	17	600	5.0		1.0	0.2	1.8	8.0
I	18	400	4.0		0.5	0.5	2.5	7.5
	19	600	7.2		0.8	1.0	0.8	9.8
	20	500	4.4	0.2	0.6	0.4	1.6	7.2
	21	600	4.2		1.3	0.5	1.8	7.8
	22	400	8.8	0.3	1.3	0.8	1.5	12.7
	1955							
	Jan. 6	700	7.6	0.1	0.1	0.7	0.1	8.6
	7	700	4.3	0.3	0.4	0.4	1.6	7.0
	8	700	8.7	0.9	0.4	0.9	0.9	11.8
II	9	700	10.6	1.3	0.1	0.6	1.9	14.5
	10	700	9.1	0.7	0.3	0.7	0.6	11.4
	12	700	11.3	0.3	0.4	0.3	1.0	13.3
	13	600	18.7	1.5	0.3	0.3	1.8	22.6
	14	650	22.3	1.1	1.2	0.5	0.8	25.9

Table 5. Angling Condition of Hook number for each fish.

Hook	Yellowfin tuna		Albacore		Bigeyed tuna		Spear and sail fish		Shark		Shark cut	
Number		%		%		%		%		%		%
1	161	20.7	8	20.5	11	18.6	13	24.1	26	20.6	44	23.9
2	162	20.8	8	20.5	11	18.6	9	16.7	34	27.1	43	23.4
3	184	23.6	8	20.5	11	18.6	14	25.9	26	20.6	45	24.5
4	148	19.0	12	30.8	17	28.9	11	20.4	25	19.8	33	17.9
5	124	15.9	3	7.7	9	15.3	7	12.9	15	11.9	19	10.3
Total	779	100	39	100	59	100	54	100	126	100	184	100

本航海の前後2回の操業に於ける，各魚種について，枝繩別の鈎獲尾数と，各枝繩相互の比率を求めると，第5表の様になる。この場合，鈎番号は投繩終了位置から投繩開始位置に向つて1，2，3，4，5，とした。

延繩の各鈎の深度については，調査し得なかつたが，佐藤の行つたカテナリー計算結果の平均をとると次の様になる。猶，使用漁船，使用漁具，投繩方法等は，佐藤の計算に使用したものと全く同一のものである。

鈎別番号　No 1 及び 5　平均深度　68.1m　No 2 及び 4　82.7m　No 3　87.4m

何れの魚種に於いても，5番の鈎が最低を示している。之が如何なる原因に依るかは，不明であるが，投縄時に於いて，投縄方法不良のため枝縄と浮子縄，或はボンデンとのもつれが可成り多く，又操業中枝縄なきまま投縄したことも原因の一部である。

Table 6. The change of swimming layer depend on the different to anglerate of Yellowfin tuna.

Number of sets		4		6		6	
Angle rate		A		B		C	
Hook Number	1	22.6	(11.8)	19.1	(6.8)	17.0	(2.0)
	2	21.3	(11.2)	19.1	(6.8)	23.4	(2.8)
	3	21.1	(11.0)	25.7	(9.1)	28.7	(3.5)
	4	19.6	(10.3)	18.8	(6.7)	17.0	(2.0)
	5	15.4	(8.1)	17.3	(6.2)	13.9	(1.7)
Total		100		100		100	(100)

A……10% Above　B……5% Above　C……5% Under

キハダの鈎獲率を，上（10.0以上），中（5.0以上），下（5.0未満）と分けた場合の，各鈎別の漁獲尾数の割合を求めたものが第6表で鈎獲率の相違と游泳層の関係が窺はれる。即ち，鈎獲率10%以上の場合は，どの鈎も大した変化なく，游泳層が比較的広範囲に亘つて居ると思はれる。又鈎獲率が10%以下の場合は3番目の鈎に多く游泳層が深い様である。一般に，太平洋及び印度洋他海域に比べて，各鈎別の漁況に大きな相違は認められない。

3. サメの漁獲率及びサメ喰率

サメ類の漁獲率については，大体，1.5%内外とされているが，延縄に依る漁獲での魚種別組成の割合は，凡そ，10～20%で，漁獲率と共に著しい変動があつて，5～6%以下の処や30～40%の多きに及ぶところもある。

Table 7. The fishing rate of the Shark

Voyage Number	Number of sets	Number of Hooks	Shark	%
I	8	4300	68	1.58
II	8	5450	58	1.05
Total	16	9750	126	1.29

Table 8. The rate of Shark cut

Voyage Number	Tuna and Spear and sail-fishes	Shark	Shark cut	The rate of Shark cut
I	294	68	51	17.35 %
II	846	58	134	15.84
Total	1140	126	185	16.31

本操業に於いては，第7表に示す通り，1回目の操業は1.58%，2回目の操業では1.05%，平均1.29%であつた。

サメ喰率も，漁獲率と同様，地域，季節等に依つて甚だ変化に富む様であるが，大体，10～30%位の範囲内に止り，今回に於いても，第8表の通り，この範囲内であつた。サメ喰魚の種類は殆んどがキハダで，メバチ，びんなが，かぢき等は僅かであつた。鈎別サメの漁獲尾数及び，サメ喰数は第5表の通りである。

4. 生　死　率

生死率については，調査することが出来なかつたが，全般的に，キハダよりメバチの方が，生きている率が多かつた様である。漁獲時の生死に，最も大きな影響を与えるのは，魚が鈎にかかつてから船に引揚げられる迄の時間であるが，投縄開始をした附近の鈎，即ち夕刻の揚縄終了附近の鈎に於いても，多数の生きているキハダ，メバチ等が漁獲された。

これは，此の漁場が未開発海域であり，魚群が豊富で広範囲に亘つて游泳しており，喰いの良かつたことにもよるが，魚の喰いの良い時刻と，餌もちに深い関係があると思われる。

魚　体　調　査

1. 体 長 測 定

キハダ，メバチ，ビンナガ，カジキ類について測定した体長組成を第3図に示す。

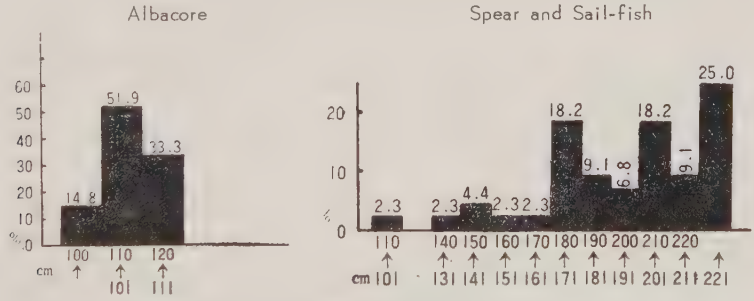


Fig. 3. Composition for Body Length.

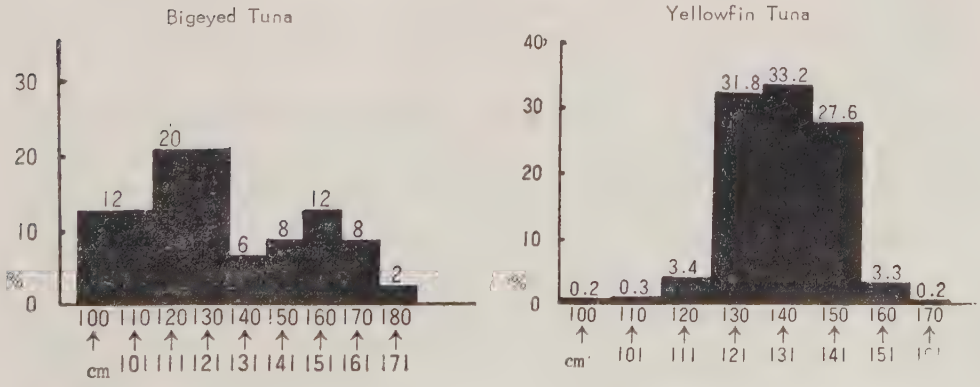


Fig. 3. Composition for Body Length

キハダ，メバチ，ビンナガ，何れの魚種に於いても印度洋，セイロン海区，中部海区，西部海区と殆んど大差ない。[2] カジキ類は，漁獲が僅かであつたので，各魚種一緒にして図示した。

2. 性　比　率

キハダ，メバチ，ビンナガ，カジキの雌雄の比率を第9表に示した。不明のものが可成りあつたが，全操業期間を通じ，キハダ，メバチ，ビンナガ共に雄の方が多く，カジキ類は逆に雌の方が多かつた。

Table 9. The composition of male and female for each fish

	Yellowfin tuna	Bigeyed tuna	Albacore	Spear and Sail-fishes
♂	57.5%	59.6%	58.3%	18.7%
♀	42.5%	40.6%	41.7%	81.3%

結　　果

1954年に引続き，印度洋海域の試験操業を行つたのであるが，本年は漁場を更に西へ移動し中部海域の調査を行つた。

1）キハダは此の海区に於いては常に高率で，夏季より冬季高率であることは，既に知られて居るが，1月最も高率を示し，2月には低下している。此の変化は，スマトラ西岸沿海南部の海域が晩秋から初冬にかけて高率であることと関連させると，西海洋游が窺はれる。
体長組成は121cm—150cmにモードがあり，その内131cm—150cmが70.8%を占め，セイロン海区，西部印度洋海区より稍々型が大きい。

2）メバチは南赤道流域に少いことは周知の事実であるが，セイロン海区と逆傾向で夏高率冬低率の様である。
体長組成は111cm—130cmにモードがあり，又140cm—160cmの大型も可成り多い。此れはセイロン海区同傾向である。

3）ビンナガは海域に依つて率を非常に異にする様であるが，S2以北には殆んど洋游を見ずS3°以南に亘り，次第に多くなつている。此の傾向は，北赤道流域，反流域に少く，収斂線附近に多いと謂う，上村の報告と一致する[3]。
体長組成は101cm—110cmに中心があり，101cm以上の大型が85.2%に達し，ジャワ沿海海域に比べると平均約10cm大きい。

4）サメ及びサメ喰は，サメの釣獲率1.29サメ喰率16.31で他海域と比較して大差がなく，深度による分布の相違も見出されない。

終りに臨み，本文に対し一種々御指導を賜つた，本所鶴田三郎教授に深甚の謝意を表する。

引　用　文　献

1）鶴田三郎：1955. 印度洋のマグロ漁況水産時報，7 (74).
2）鮪漁業研究会：1654. 鮪漁業，No.13.
3）――――：1955. ――，No.20～23.
4）佐藤猛郎：1955. スンダ列島外縁海域に於けるキハダマグロ漁況—I，農水講研報，4 (2).

工場廃水に関する研究

第7報　笠戸湾に及ぼす廃水の影響に就いて※

赤築敬一郎・早山萬彦

Studies on the Foul-water Drained from Factories.
7. On the Influence of the Waste Liquor on the Kasado Bay.

By

Keiichirō SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA

Investigation of chief harmful components of waste liquor from Kudamatsu Factory, Tōyō-Kōhan Co., flowing in the Kasado Bay, and also of effects of the waste liquor on water and bottom deposite of the Bay gave the following results:

1) The waste liquor samples from the drainage mouth contain 80—200 mg/L. of phenols and tr—80 mg/L. (as Fe) of ferrous sulfate, with pH values at 2.8—10.5.
2) So far as phenol contents are concerned, remarkable mixing of the waste liquor with sea-water is recognized in upper lager extending about 0.4 sq. km. in a semicircular area with its center at the drainage mouth and with a radius of 0.5 km.
3) Contamination of bottom mud by iron (as Fe_2O_3) so intense as more than 6 % covers 0.5 sq. km. extending 300 m. off shore. On the other hand, pollution of it by the same stuff so low as 5 % stretches 500 m. off shore covering 1 sq.km.

緒　　言

山口県笠戸湾に排棄される東洋鋼鈑株式会社下松工場廃水の有害成分及びその水質汚濁に就いては前報[1]で著者の一人が報告したが，その後工場の生産原料及び製造工程の変化に伴つて従来の主要有害成分であつた鉄板酸洗工程より生ずる酸洗廃水中の硫酸第一鉄及び遊離硫酸以外に鉄板焼鈍用石炭ガス製造工程より発生するガス洗滌廃水中に含まれる石炭酸類及び鉄板アルカリ洗工程よりの廃水中に存在する遊離アルカリが注目される。

著者等は廃水の有害成分を再検討し，更に笠戸湾の汚濁状態を調査して該湾に及ぼす工場廃水の影響を明らかにしたので，茲に報告する。

※ 水産講習所研究業績　第198号

調査及び分析方法

廃水成分調査　1954年3月以降に酸洗，アルカリ洗及び石炭ガス水洗廃水を夫々の排水路で，亦上記三種廃水の混合した実際の排出廃水を排水口で適時に採取し直ちに主要有害成分の分析を行つた。

汚濁調査　1955年3月10日及び5月27日に夫々第1及び第2図に示す地点にて海水及び底泥を採取した。採水は北原式中層採水器及び手製の簡単なサイフオン式採水器で行い試水に固定剤として硫酸銅を1g/L. の割に添加した。採泥には丸川式採泥器を使用し試泥に50% NaOHを2%容添加して分析に供した。

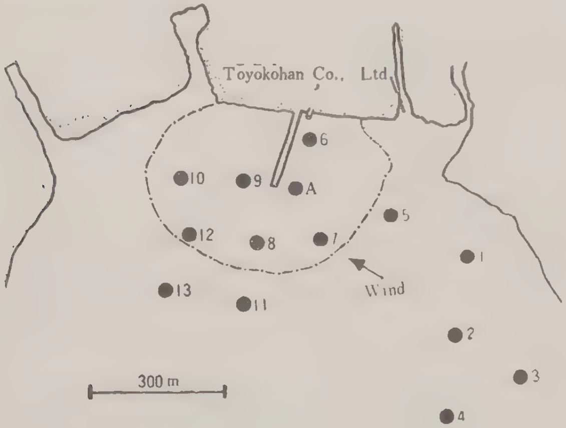


Fig. 1. Showing the stations of water sampling.

Fig. 2. Showing the station of bottom deposits sampling

分析方法　廃水のC.O.D. は富山・末富両氏の方法2)，Fe^{++}は過マンガン酸カリ滴定法3)，全鉄は重量法4)，酸及びアルカリは滴定法3)，により定量し，石炭酸類は試水を硝子磨合蒸溜器で蒸溜し，その溜液の一定量につき臭素滴定法3) により定量した。海水中の微量の石炭酸類の定量は2・6 Dibromoquinone chorimide を使用する比色法5) を用いた。泥のC.O.D. は荒川・新田両氏の方法6)，硫化物は富山・神崎両氏の方法7)，有機炭素は Tiurin 氏の簡易定量法8)，鉄は重量法及びドータイト試薬を用いる容量法9) により分析した。

結果及び考察

1. 廃水成分

酸洗，アルカリ洗及び石炭ガス水洗廃水の主要有害成分含有量は第1表に示す通りである。

酸洗廃水は無色透明で分析値及び前報1)で述べた鉄板酸洗作業より見て硫酸第一鉄及び硫酸の平均含量は夫々500mg/L. 及び5×10^{-3}N程度と推定されるが，時間的にかなりの変化を示す。アルカリ洗廃水は排出前，貯水槽に溜められ（溶解性物沈殿除去される）槽中の廃水面が一定の水位に達すると自動的にポンプにより多量の廃水が短時間で槽外に排出される仕掛になつており，その排出廃水のNaOHは1×10^{-2}～2×10^{-2}N範囲の濃度を示す。鉄板アルカリ洗作業で生成する石鹸分は貯水槽内で殆んど除去される故本廃水もほぼ無色である。

Table 1. The ingredients of waste liquor.

Date	Hour	Acid-qickling liquor $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (mg/L)	Acid-qickling liquor H_2SO_4 (1×10^{-3}N)	Acid-qickling liquor pH	Alkali-cleaning liquor NaOH (1×10^{-3}N)	Alkali-cleaning liquor C.O.D. (O_2-mg)	Gas-washing liquor Phenols (mg/L.)	Gas-washing liquor C.O.D. (O_2-mg)
1954. 3.19	10.30	854	4.43	2.2	12.14	65.4	418	2151.2
〃 〃	11.50	641	7.36	2.1	6.43	55.4	394	2027.6
〃 〃	13.30	515	4.90	2.4	12.31	61.0	392	2098.8
〃 〃	14.50	1047	1.32	2.6	tr.	44.0	420	2162.4
〃 3.20	10.30	tr.	9.59	2.0	13.70	—	573	2710
〃 3.25	10.30	212	9.69	2.0	18.46	—	432	2204
〃 4.10	10.30	872	6.34	2.2	0.71	—	563	2640
Displacements per day(ton)		720			480		720	

石炭ガス水洗廃水は赤褐色を呈し石炭酸類濃度は400～600mg/L. の範囲で時間的な変化は余り著しくない。これ等三種廃水の排出量は何れも30m³/時. 内外（総排水量；約2000m³/日）で排水口直前で混合するから第2表に示す如く排水口に於いて採取した廃水の成分は相互稀釈や化学的変化により毒性がかなり弱まつている。即ち，石炭酸類は 80～200mg/L., 鉄はtr.～80mg/L., pHは2.8～10.5の範囲に低下を示す。著者等がハゼの一種を用いて行つた致死量試験の結果では石炭酸の致死限界濃度は 5～7 mg/L., Fe^{++}は7～8 mg/L.[10]，pHは3及び11であつた，故に本廃水の毒性は主に石炭酸類，次いで硫酸第一鉄に起因すると考えられる。排水口で採取した廃水の pH が酸性やアルカリ性を示すのは前記した如くアルカリ洗廃水が間歇的に排出される為で，若し一定量ずつ常時排出するように改めれば，本廃水のアルカリ濃度と酸洗廃水の硫酸濃度とより考えて，混合廃水のpHは弱アルカリ性となり，その結果として酸洗廃水中の硫酸第一鉄は難溶性水酸化鉄に変化するからpH及びFe^{++}による毒性は殆んど消失すると推察される[11]。

Table 2. Copmonents of waste liquor sampled at the drainage mouth.

Date	Hour	Phenols. (mg/L.)	pH	Fe (mg/L.)
1954. 3.19	10.30	200.0	3.8	81.6
〃 〃	11.50	133.8	2.8	43.2
〃 〃	13.30	93.1	10.2	24.4
〃 〃	14.50	153.4	2.8	77.0
〃 3.20	10.30	92.2	10.1	tr.
〃 3.25	10.30	80.6	10.5	8.4

2. 海水の汚濁状態

本廃水は黒褐色を呈し，赤廃水中のFe^{++}は海水中で酸化されFe^{+++}に変じて赤褐色のコロイド状水酸化第二鉄を生成するから廃水の混在する海域は褐色に着色する。海水中の石炭酸類

Table 3. Determination of phenols in the sea water sampled from the stations shown in Fig.1.

Station	Phenols (p.p.m.)	Station	Phenols (p.p.m.)	Station	Phenols (p.p.m.)
1	0.00	6	2.56	11	0.00
2	〃	7	2.05	12	0.16
3	〃	8	0.34	13	0.00
4	〃	9	0.43		
5	〃	10	0.31		

の分析結果は第3表に示す通りで，着色海域の表層水に認められ，底層水や無着色区域の表層水には石炭酸類は検出されない。亦着色区域内のA点に於ける石炭酸類の垂直分布は第4表に示す如く表面以下50cmの間に検出され，特に10cm以浅層の含量が大きい。此等の結果より廃水は排出後表層水にのみ混入すると考えられ，調査時に於ける廃水の石炭酸濃度は 110mg/L. であつたから海水の自浄作用を考慮にいれないと廃水はA点の表面水で，約15倍，10cm以浅層約25倍に稀釈されておることが推定される。廃水中の Fe^{++} は前報の酸洗廃水稀釈実験の結果よりみて，20倍以上に稀釈された場合は比較的短時間に安全な Fe^{+++} に変化するから海水汚濁物質として余り危険ではないが，石炭酸類は Fe^{++} の如く急速な化学変化を起さず，亦バクテリア類による生物化学的分解も受けない故，相当時間海水中に残存すると考えられ海水汚濁物質として水棲生物に危害を及ぼす恐れがある。表層水中の石炭酸濃度は排水口を遠ざかるにつれ減少するが，これは主に波浪により拡散，稀釈される為と考えられる。石炭酸類の分布状態より判断して汚濁水塊は着色海域の表層水と見做す事が出来るが，この着色汚濁水塊は風向，潮流等の影響を受けて一定せず排水口より巾50m～150m，長さ約500mの広さで移動する。この汚濁水塊の表面積は約 0.05km² であるが，移動範囲は排水口を中心とした半経約500mの半円で全面積は約0.4km² と推定され，この範囲内では藻類，貝類等の定着性生物は全く認められない。

Table 4. Relation between phenols contents and depth, at the station A shown in Fig. 1.

Depth (cm)	Phenols (p.p.m.)
0	7.40
10	1.07
25	0.36
50	0.02
75	tr.
100	0.00
200	〃
* Surface	3.0

* Sampling by water sampling apparatus devised by Kitahara.

3．海底泥の汚濁状態

泥質分析結果は第5表に示す通りで，排水口を中心とした半経200mの半円内の泥は黒色を呈し，硫化水素の悪臭が強く硫化物，C.O.D.，鉄等の分析値も異常に大きく明らかな汚濁状態を示す。本廃水中には多量の有機物（灼熱減量；500～1000mg/L.）及び鉄を含むから海中のそれ等の含量より本廃水の影響範囲を察知出来るはずである。

笠戸湾底泥のC.O.D.及び鉄**の分布は，夫々第3及び第4図に示す通りで，両者とも岸壁を離れるにつれて漸減する。荒川・新田両氏[6]によれば，広島県呉市広湾に於ける泥のC.O.D.は2%以下特に1%以下の場合が多く，加藤氏[12]が北海道西北海域の海底腐植量を定量した結果では灼熱減量及び有機炭素の平均値は夫々 9.68%及び 1.87%を示し，亦浜口氏[13]の駿河湾泥質分析結果によれば有機炭素の平均値は0.54%である。この様に海中の有機物量は場所によつて異るから廃水の影響を受けない底質中の有機物量を定量する事は困難であり，亦本湾海中の有機物は都市汚水や隣接する日本石油株式会社下松工場廃水にも起因する故，C.O.D.の分布状態のみで，本廃水による泥質汚濁範囲を推定する事は至難である。一方日本土壌の多数の分析結果によれば，鉄の平均含量は3.26%であり[14]，加藤氏の[15]の北海道西北海域に於ける海中無機物分析結果では，鉄は3.08～5.86%の範囲を示し，著者等が1955年に調査した，岩国市由宇湾及び東洋紡績工場附近の海底泥中の鉄は4%以下であつ

** 土壌中の鉄は何れも Fe_2O_3 で表わした

Table 5. Experimental values of bottom deposits sampled from the stations shown in Fig. 2.

Station No.	Depth (m)	Total sulphide (S—mg/g•dry mud)	Consumed oxygen demand (O_2—mg/g•dry•mud)	Organic carbon (C—mg/g•dry mud)	Fe_2O_3 (mg/g•dry•mud)	Loss on ignition (%)
1	15.5	0.06	11.60	6.90	44	—
2	16.5	—	5.48	5.66	36	—
3	12.0	0.18	15.10	14.78	47	11.1
4	10.0	0.22	12.25	15.50	64	10.7
5	8.0	0.24	15.45	18.38	55	10.3
6	10.0	0.13	10.60	11.26	50	7.7
7	10.5	0.17	10.00	11.66	48	7.7
8	11.5	0.44	13.60	13.56	52	7.7
9	11.0	0.15	10.46	12.28	50	9.1
10	10.0	0.28	19.42	15.86	55	10.4
11	13.5	0.28	15.00	15.33	56	10.9
12	12.5	0.23	12.80	14.86	60	9.6
13	10.0	0.23	17.53	20.30	60	10.4
14	12.0	0.22	13.22	17.38	80	10.7
15	7.0	0.91	20.19	16.48	59	8.2
16	6.0	0.32	17.64	12.93	64	8.0
17	4.0	0.08	5.28	4.84	44	4.4
18	7.5	1.90	37.64	23.13	62	10.7
19	8.0	8.00	107.31	86.70	105	18.4
20	8.0	10.00	83.84	71.20	82	16.4
21	8.0	1.31	29.28	22.70	70	10.0
22	13.0	2.12	30.90	29.55	72	12.0
23	9.0	8.30	79.21	53.30	82	14.0

た事及び本湾には東洋鋼鈑工場廃水以外に特別な鉄泥入源は考えられない事よりみて6%以上の鉄を含む泥は，明に本廃水の影響を受けた汚濁泥と考えられるこの汚濁泥範囲は C.O.D. の 15mg/g 以上の範囲とほぼ一致しており，その面積は約 0.5km²である。海岸線より約 500m沖合の泥も鉄5%以上 C.O.D. 10mg/g 以上の場合が多く本廃水の影響が及ぶ範囲と考えられ，この泥面積は約 1 km²と概算される。海岸線より沖合 500～700mの間は潮流の激しい所謂潮通しで，その底質は砂礫よりなり全く汚濁を示していない。潮通し以遠の地点に於いても鉄が5%以上を示す場所があるが，潮流の関係

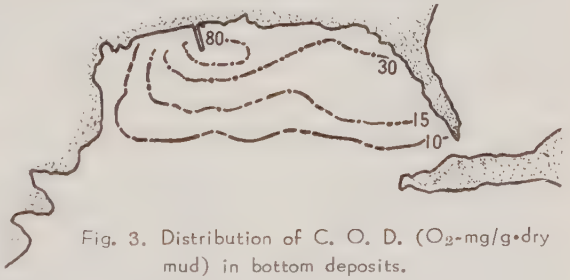


Fig. 3. Distribution of C. O. D. (O_2-mg/g•dry mud) in bottom deposits.

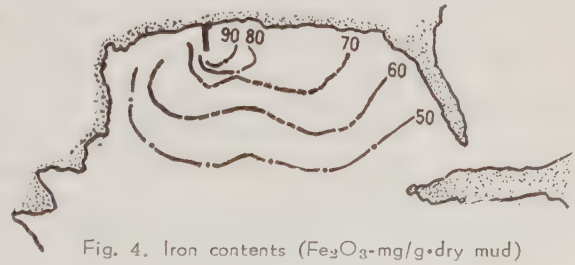


Fig. 4. Iron contents (Fe_2O_3-mg/g•dry mud) contained in bottom deposits

で海水中に浮游する水酸化鉄の微粒子が運搬沈積した為と考えられる。1951年に行つた汚濆調査結果に比べて沖合の泥中の鉄が増大しておるのは廃水の影響が年々拡大されつつある事を示す。然し泥中の鉄含量が底棲生物に如何なる影響を与えるかに就いては明らかでない故，此の点に関しては今後検討を加える必要がある

摘　　要

1. 笠戸湾に排棄される東洋鋼鈑株式会社下松工場廃水の有害成分並びに湾内水及び底泥質に及ぼす影響を調査した。

2. 廃水中の有害成分含量は石炭酸類 80～200mg/L，硫酸第一鉄 tr～80mg/L.（鉄として）である。

3. 海水中に石炭酸類の検出される区域を工場廃水の影響区域と見ればその汚濆水塊範囲は排水口を中心とした半径約 0.5kmの半円内で，その移動面積は約 0.4km²である。

4. 鉄を6％以上含む泥を汚濆泥とすると，泥質汚濆範囲は海岸線より約 300m 沖迄で，その面積は約 0.5km²であり，亦鉄を5％以上含む泥を廃水の影響を受けたものとすると，廃水影響泥範囲は沖合500m迄で面積は約1km²である。

終りに臨み研究費の御援助並びに実験上種々の御便宜を与えられた東洋鋼鈑株式会社下松工場に深謝の意を表します。

文　　献

1）赤築敬一郎：1953．工場廃水に関する研究．2．金属工場廃水の有害成分と水質汚濆に就いて，水産講習所研究報告，**3**（2），181～185.

2）富山哲夫・末富寿樹：1937．水の微量分析法に関する研究．3．過ぎ[illegible]酸[illegible]里[illegible]量の[illegible]量定量法について，水産研究誌，**32**（12），624～634.

3）高木誠司：1951．容量分析法，共立出版，東京.

4）京都大学農芸化学教室：1950．農芸化学分析書，朝倉書店，東京.

5）American Public Health Association：1936. Standard Methods of Water Analysis, NewYork.

6）荒川　清・新田忠雄：1953．工場廃水の研究，第一報．海底泥の分析法に関する研究，内海区水産研究所研究報告，**3**，27～32.

7）富山哲夫・神崎嘉端夫：1951．底土に含まれる硫化物の少量定量法，日本水産学会誌，**17**（5），1～7.

8）関豊太郎・白石晋一：1937．Tiurin 氏腐植炭素迅速滴定法に関する実験，日本土壌肥料学雑誌，**11**，295～298.

9）[illegible]：1954．水産養殖業における客土の利用，水産[illegible]，**12**，17～15.

10）赤築敬一郎・早山万彦：1954．工場廃水に関する研究，5．金属工場酸洗廃水の水棲動物に及ぼす影響に就いて，水産講習所研究報告，**4**（2），167～172.

11）赤築敬一郎：1954．工場廃水に関する研究，6．金属工場酸洗廃水の処理に就いて，水産講習所研究報告，**4**（2），173～178.

12）加藤健司：1951．海洋底質の化学的研究，第3報．北海道西北海域に於ける海底腐植の分布に就いて，北海道大学水産学部研究彙報，**2**（1），10～30.

13）浜口　博：1941．深海底土の化学的研究（其の12）深海底の化学的組成（第5報），日本化学会誌，**63**，1700～1703.

14）大杉　繁：1948．一般土壌学，朝倉書店，東京.

15）加藤健司：1951．海洋底質の化学的研究，第4報．北海道西北海域における海底土の化学組成について，北海道大学水産学部研究彙報，**2**（3），134～144.

稚鯉の栄養に関する研究

第3報 酸素消費量に就いて※

赤築敬一郎・早山萬彦

Studies on Nutrition of Carp-fry.
3. Consumption of Oxygen

By

Keiichiro SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA

Amount of oxygen consumed by fish is not only of great importance for estimation of threshold level of necessary food supply and suitable density of cultured fish, but also for general culture technique.

In attempt to measure oxygen consumption of carp-fry (below 1 gram in body weight) either starved or fed by using apparatus of running water type (Fig. 1.), and also to find out of oxygen consumption with differences of water temperature, body weight and protein content contained in food-stuff experiments were carried out.

The results obtained are as follows:

1) Oxygen consumptions, per mg/kg. 24 hour, of carp-fry starved for 2—10 days and for two months respectively were 10320 and 4560 at 23° ± 1°C of water temperature (Tables 1 and 2).

2) Q_{10} value of carp-fry starved for two months was 2.1—3.5.

3) It was found that oxygen consumption of carp-fry attaind a maximum value within 1—2 hours after feeding, but decreased more and more after that, and it became nearly constant after 12 hours : and it was the same as that of carp-fry starved for less than 10 days (Fig.3).

Accordingly the total oxygen consumption, per one day, of carp-fry after feeding can be calculated generally by the next formula.

$$(\frac{A+B}{2}+B) \times 12 = O_2 \text{mg/g. day.}$$

Note : A is a value of oxygen consumption, per mg/g. hour, of carp-fry in one hour or two after feeding.

B is a constant value of oxygen consumption, in mg/g. hour, of carp-fry as shown before subsequent feeding : namely 12 hours after previous feeding.

※ 水産講習所研究業績 第199号

4) The oxygen consumption of carp-fry at 21°±2°C of water temperature was made to increase about 17% by feeding.

5) In case of carp-fry fed on raw beef liver for 4 months, the oxygen consumption during this period was 30—50 Cal/kg. day in terms of metabolic energy, and the higher water temperature and the lighter body weight became, the more the oxygen consumption occurred (Table 4).

6) It was recognized that the less the protein content contained in the food-stuff became, the less the oxygen consumption of carp-fry resulted and that the oxygen consumption of carp-fry fed on food-stuff of 60% protein content showed abnormally greater tendency to increase (Table 5).

緒　　言

魚類のエネルギー代謝に関しては，従来より多数の業績が発表されているが，これらの多くは生理，生態的立場から水温，溶存酸素量等の外的因子が異なる場合の酸素消費量や炭酸ガス排泄量を測定したもので，栄養化学的立場即ち，内的要因の影響に就いての研究は比較的に少ない。エネルギー代謝を詳細に検討するには，呼吸商及び排泄窒素量の定量が必要であるが，陸上家畜と異つて魚類のエネルギー代謝を測定する事は極めて困難であるから，代謝量の概略値を知る目的には酸素消費量のみを測定して，それより代謝熱量を換算する方法が行われている。

鯉の酸素消費量に関しても，GAARDER[14]，右田・花岡・都筑[15]，大谷・木俣[16]等の業績があるが，これらは何れも比較的に大きな魚体を用いた研究で，幼小な稚鯉の酸素消費量に関しては明らかにされていない。酸素消費量は最低給餌量，放養量等の算定規準となり，稚鯉の増殖上極めて重要と思われるので，著者等は1g．以下の幼小な稚鯉を用いて，その絶食及び給餌時の酸素消費量を測定し，併せて之に及ぼす水温，魚体の大小，餌料蛋白含有率の影響等を検討したので，茲にこれらの結果を報告する。

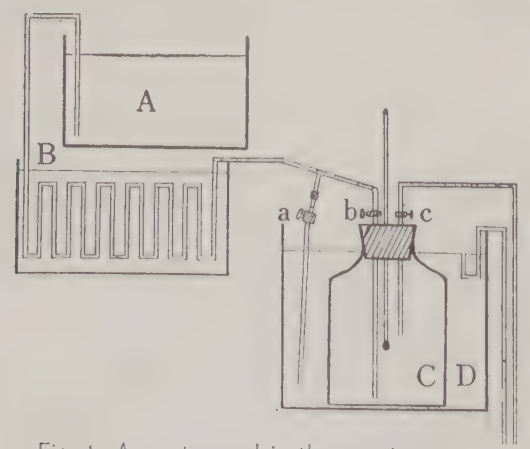


Fig. 1. Apparatus used in the experiment.
A ; Water-reservoir.
B ; Water-tank of constant temperature.
C ; Aquarium for the experiment.
D ; Thermostat.
a,b,c, ; Stopcock.

実験装置及び方法

酸素消費量の測定は，右田・花岡・都筑[15]の用いた方法に準じて，第1図の様な装置を使用した。即ち供試稚鯉5～20尾を既知容量1～2Lの広口瓶Cに入れ，活栓aを閉じb及びcを開いて恒温槽Bより一定温度の濾過池水を100～150cc/分の割で1時間Cに流通して後にb及びcを閉じ，aを開いて1時間Cを密閉したまま放置する。次いでcを開いて採水しウインクラーの方法で溶存酸素

を定量する。亦同時に稚鯉を入れず同様にしたものの酸素を測定し両者の差を求めて消費酸素量とした。

実験結果及び考察

1．飢餓時の酸素消費量：絶食後2日～7日，水温23±1°Cに於ける稚鯉1g．当りの酸素消費量（mg/hour）は第1表に示す通りで0.08～0.30gの稚鯉では0.39～0.46mg/g・hourの範囲で平均値は0.43を示す。魚体1kg，24時間当りに換算すると10320mgとなり1000mgのO_2は約3.5Cal.の熱量に相当するから消費エネルギーは約36 Cal.である。平均魚体重0.03gの幼小な稚鯉は飢餓に対する抵抗弱く絶食6日以後に急激に斃死し始め酸素消費量も運動不活潑のため0.08～0.30gの稚鯉に比べて少ない。

Table 1. Oxygen consumption, in mg/g. hour, of carp-fry fasted at 23±1°C.

Time after fasting(day) \ Average body weight (g)	0.28	0.10	0.03
2	0.45	0.45	0.36
4	0.39	0.40	0.40
5	0.46	0.41	0.37
6	0.44	0.43	—
7	0.46	0.44	—
Average	0.42_8	0.42_6	0.37_8

絶食後8～10日の稚鯉の酸素消費量と水温との関係は第2表に示す通りで，20～30°Cの範囲に於けるQ_{10}の値は2.0～2.2を示す。29±1°C及び19±1°Cに於ける1kg，24時間当りの代謝エネルギーを算出すると夫々約51 Cal.及び約24 Cal.となる。

Table 2. Oxygen consumption, in mg/g.hour, of carp-fry fasted for 8—10 days at various temperature.

Average body weight(g) \ Water temp. (°C)	29 ± 1	23 ± 1	19 ± 1
0.22	0.64, 0.60, 0.62	0.40, 0.44, 0.42	0.29, 0.32, 0.29
0.10	0.60, 0.61, 0.60	0.45, 0.43, 0.40	0.30, 0.28, 0.27

魚体，特に小さな魚を游泳しない安静状態に保つことは容易でなく，完全な基礎代謝量の測定は困難であるが，0.5～1.0gの稚鯉を2ケ月間絶食させ游泳の緩慢となつた場合の水温と酸素消費量との関係は第2図，これらの酸素消費量より算出した代謝量は第3表に示す通りで，水温20°C以下ではほぼ直線的関係が認められるが，それ以上の高温に於いては酸素消費量が激増する。23±1°Cの酸素消費量は0.19mg/g・hourで絶食10日間以内に比べて著しく減少し½以下となる。この差は游泳運動の緩激に起因すると思われる故，第3表の代謝量は基礎代謝量にほぼ近似すると見做されるであろう。

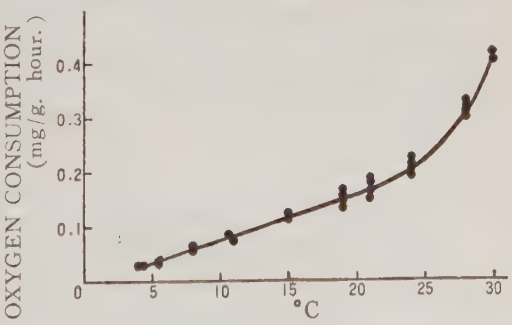


Fig. 2. Relation between water temperature and oxygen consumption of carp-fry fasted for two months.

Table 3. Metabolic energy of carp-fry fasted for two months at various temperature in Cal./kg.day.

Water temp(°C)	5	10	15	20	25	30
Metabolic energy (Cal/kg•day)	2.94	6.30	10.08	13.02	18.90	34.44

Q_{10}の値は2.1～3.5の範囲で低温に於いては大きな値を示す。

2．摂餌時の酸素消費量：水温21±2°C に於いて0.1～0.3g の稚鯉に生牛肝及び栄養化2のカゼイン合成餌料を給与し，1時間摂餌させた後の魚体1g，1時間当りの酸素消費量の変化は第3図に示す通りで，摂餌後増大し1～2時間後には0.60mg 内外を示すが，その後は漸減し，12時間以後はほぼ一定値0.35 mg 内外を保ちこの値は飢餓時の酸素消費量に相当する。

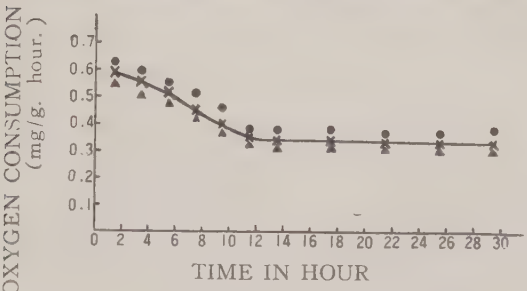


Fig. 3. Variation of oxygen consumption after taking a diet at 21±2°C.
● ; Maximum value.
▲ ; Minimum value.
× ; Mean value of six experiments.

今摂餌前後1時間～2時間の消費酸素量（mg/g・hour）を夫々B及びAとすれば1日間の全酸素消費量の概略値は次式によつて算出できる。

$$\left(\frac{A+B}{2}+B\right)\times 12=O_2 mg/g\cdot day \cdots (1)$$

0.1～0.3g の稚鯉の水温21±2°C に於ける1日間の酸素消費量を(1)式により算出すると 9.84mg/g で飢餓時の 8.40mg/g に比べて 1.44mg，即ち約17%の増加を示す。摂餌により酸素消費量が増大するのは，消化管の作業と RUBNER の所謂特異動的作用によるものである。上記摂餌時の酸素消費量より代謝量を求めると魚体1kg，1日当り約 34.4Cal. となる。右田氏等は 5g 内外の稚鯉の酸素消費量を $\frac{A+B}{2}\times 24$ なる式により求め，24～25°C に於ける代謝量として 30Cal./kg·day という値を得，此の値は魚体の大小及び餌料栄養比の差違により同一でない事を指摘したが，本実験結果を右田氏等の実験式に代入して代謝量を算出すると約 39.5 Cal./kg·day となり，右田氏の値に比べて大きいが，此れは魚体が小さいためと推察する。

Table 4. Oxygen consumption of carp-fry fed raw beef-liver.

Time after start of feeding (day)	No. of fish tested	Average body weight (g)	Water temp. (°C)	Oxygen consumed between one and two hours before and after feeding (mg/g.hour)		Oxygen consumed (mg/g.day)	Metabolized energy (Cal./kg.day)
				before	after		
2	10	0.11	22±1	0.396	0.655	11.06	38.71
15	10	0.18	24±1	0.430	0.611	11.71	40.99
20	7	0.22	21±1	0.357	0.645	10.37	36.23
35	7	0.27	26±1	0.518	0.686	13.44	47.01
70	5	0.62	28±1	0.609	0.751	15.47	54.16
80	5	0.75	24±1	0.386	0.614	10.63	37.21
110	5	1.90	21±1	0.324	0.469	8.65	30.28

次に稚鯉を生牛肝で4ヶ月間飼育し，その間適時に摂餌前後1～2時間の酸素消費量を測定し(1)式により消費酸素量 (mg/g・day) を算出した結果は第4表の通りで，水温が高く魚体の小さい時ほど酸素消費量が多くなる。従つて7～8月の高温期には溶存酸素量も小さい故，放養竜が過大となり鼻上げを起す恐れがあるから注意すべきである。又飼育期間中の代謝量は30～55Cal/kg・day の範囲を示すから最低給餌量として魚体重の0.7～1.3%程度が必要となる。

蛋白含有率の異なる合成餌料（第1報の供試餌料）を0.1～0.3g の稚鯉に給与した場合の酸素消費量 (mg/g・day) は第5表に示す通りで，一般に低蛋白餌料ほど酸素消費量が少い傾向

Table 5. Oxygen consumption of carp-fingerling fed food stuff of various contents of protein in mg/g. day.

Diet No. / Content of protein (%) / Time after start of feeding (day)	I 58.95	I′ 60.31	II 46.32	II′ 48.94	III 25.56	III′ 30.24	IV 16.66	IV′ 22.24	V 72.50	Water temp(°C)
13	14.41	13.86	12.58	13.18	11.65	12.28	10.87	9.55	11.71	24±1
20	13.84	12.91	9.78	9.66	9.24	9.67	8.94	9.16	10.35	21±1
35	—	—	—	13.24	14.03	12.99	12.94	12.14	13.44	26±1

が認められる。60%蛋白餌料区（I及びI′）の飼育20日後の酸素消費量は他区に比して著しく大きく，亦15日後より斃死が顕著で30～40日後に全滅した点より見てこれ等両区では代謝に異状を生じていた事が推察される。

摘　　要

1．稚鯉（1瓦以下）の飢餓及び摂餌時の酸素消費量を測定し，又水温，魚体重，餌料蛋白含有率等の影響を検討した。

2．飢餓2～10日及び2ヶ月後の水温 23±1°C に於ける酸素消費量は魚体1kg，24時間当り夫々10320mg及び4560mgであつた。

3．飢餓2ヶ月後に於ける Q_{10} の値は2.1～3.5の範囲である。

4．摂餌後1～2時間の酸素消費量は最大値を示すが，その後漸減し12時間以後はほぼ一定値即ち飢餓10日以内の酸素消費量を保持する。従つて摂餌時の1日間の全酸素消費量の概略値は次式で算出し得る。

$$\left(\frac{A+B}{2}+B\right)\times 12=O_2 \text{mg/g・day}$$

但し，A及びBは夫々摂餌後及び前1～2時間に於ける酸素消費量(mg/g・hour)である。

5．稚鯉の21±2°Cに於ける酸素消費量は摂餌により飢餓時に比して約17%増加する。

6．生牛肝で4ヶ月間飼育した稚鯉の飼育期間に於ける酸素消費量を代謝熱量に換算すると30～50Cal./kg・day の範囲であり，水温が高く魚体の小さい程酸素消費量が多い。

7．蛋白含有率の低い餌料を給与した稚鯉ほど酸素消費量は少く，亦60%高蛋白餌料給与魚の酸素消費量は異状に大きい傾向が認められる。

終りに臨み御校閲を賜つた九州大学農学部富山哲夫教授並びに実験に協力された林　生也君に深甚な謝意を表す。

文　　献

1）富山哲夫：1947. 生物学の進歩，第二輯，魚類の栄養，厚生閣，東京.
2）田村　正：1950. 外囲の変化が魚類に及ぼす影響，第11報，綜合考察，水産科学研究所報告，**2**，1～35.
3）大島幸吉：1949. 水産動物化学，朝倉書店，東京.
4）POWERS, E.B. : 1922. The physiology of the respiration of fish in relation to the hydrogen ion concentration of the medium., Journal of General physiology, **4**, 305～317.
5）GARDNER, J.A. AND LEETHAM, C. : 1914. On the respiratory exchange in fresh water fish. Part I. On the brown trout, Biochem. Jour., **8**, 374. Part II. On the brown trout, Biochem. Jour. **8**, 591.
6）HALL, F.G. : 1931. The respiration of puffer fish, Biol. Bull., **61**, 457～467.
7）WELLS, M. M. : 1913. The resistance of fish to different concentrations and conbinations of oxygen and carbondioxide, Biol. Bull., **25**, 323～347.
8）KEYS, A. B. : 1930. The measurement of respiratory of aquatic animals, Biol. Bull., **59**, 187～198.
9）田村　正：1938. 外囲の変化が魚類に及ぼす影響に就て，第1報　夏季に於ける各種海産魚類の酸素消費量に及ぼす昼夜の影響並びに基礎代謝量，水産学雑誌，**42**，25～32.
10）田村　正：1940. 外囲の変化が魚類に及ぼす影響，第2報　冬季に於ける各種海産魚類の呼吸状態並に夏季との比較，**46**，25～32.
11）畑　久三：1936. 各種鱒稚魚のO_2消費量に就いて，鮭鱒彙報，**8**，16～19.
12）奥野忠雄：1928. 小鮎の酸素消費量と輸送水温，水産研究誌，**23**，336～341.
13）堀由英二：1933. 小鯛の酸素消費量及び呼吸停止時に於ける酸素含有量に及ぼす水温，鹹度及び水素イオンの影響，日水誌，**21**，8～12.
14）GAARDER, T. : 1918. Über den Einfluss der Sauerstoffdruckes auf den Stoffwechsel, II. Nach Versuchen an Karpfen., Biochem. Zeitschr., **89**, 94.
15）右田正男・花岡　資・都筑　清：1937. 植物性養魚人工餌料試験，第1報　2，3糖質の養魚人工餌料としての栄養価値，水産試験場報告，**8**，99～178.
16）ŌYA, T. and KIMATA, M. : 1938. Oxygen consumption of fresh water fishes, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **6**（6），287～290.

日本海の魚類相※

吉田　裕・伊藤健生

Fish Fauna of the Japan Sea.

by

Hiroshi YOSHIDA and Takeo ITŌ

Japan Sea is divisible into three faunal areas of fishes, namely, southern, middle and northern. Senzaki and Yoshimi, both in the Prefecture Yamaguchi, together belong to southern area. Shimane district belongs to middle area, being intermediate in the faunal characters. Northern area extends northward from Toyama. The three faunal areas stand in harmony with conditions of oceanic currents in Japan Sea. Tsushima warm current runs northward along the coast of Japan Sea and a branch of it enters the strait of Tsugaru, but the main current slides far to the west coast of Hokkaido and it lodges suothern fishes in this district. As the cold water remains in the deep off the coast of whole Japan Sea, many districts harbor northern fishes. Predomic of warm water on the coast of southward from Shimane gives southern fishes superiority in hte southern area.

緒　　言

日本海の魚類の分布に関し，古くは D.S. JORDAN (1901) は能登半島を以つて南北の境界とし，田中茂穂氏 (1931) は島根県の浜田或はそれより稍西方の吉田附近をその境とし，更に後柳井隆一氏 (1950) は南北の分布の境界を略々島根県と山口県の境界附近とした。島根県以北では大体具体的の記録が報告されているが，山口県下に於ける具体的の資料がないため，山口県附近に於ける境界は結局推論に過ぎないので，筆者等は此の点を明らかにするため，日本海南部山口県下の吉見及び仙崎地区に於ける魚類の分布を調べ（第1表），更に日本海各地で報告された魚類の分布に関する資料の中から次のもの，即ち島根（柳井隆一氏1950）富山（片山正夫氏1940）新潟（本間義治氏1952）北海道（正田豊治・三柄寛氏1952）及び全日本（田中茂穂氏1931）を選び，それらによつて，日本海に於ける魚類相に就いて検討した。県下吉見地区の標本は大部分が地元の漁業協同組合に揚つたものであり，仙崎地区の標本は同地にある山口県外海水産試験場に保管された，主として同場の試験船に依つて採集されたものである。南方種とか北方種とかの区別は元来が抽象的観念にしか過ぎないもので，確然とした定義もないので，研究者によつて相違がある。或研究者が北方種としたものを他の者が共通種として扱う

※ 水産講習所研究業績 第94号

様な場合もあるので，ここではその様な場合には同一の基準に直して扱つた。

Table 1. A cataloge of the fishes in southern Japan Sea *

Class Pisces 魚綱			Locality Yoshimi	Locality Senzaki
Family Heterodontidae	ネコザメ科			
1. *Heterodontus japonicus* (DÜMÉRIL)	ネコザメ	S		+
Family Scyliorhinidae	トラザメ科			
2. *Cephaloscyllim umbratile* JORDAN et FOWLER	ナヌカザメ	S		+
Family Orectolobidae	テンジクザメ科			
3. *Orectolobus japonicus* REGAN	オハセ	S	+	+
Family Triakidae	ドチザメ科			
4. *Mustelus manazo* BLEEKER	ホシザメ	S	+	+
Fmilay Spualidae	ツノザメ科			
5. *Squalus suckleyi* (GIRARD)	アブラツノザメ	N		+
6. *S. mitsukurii* JORDAN et FOWLER	ツノザメ	T		+
Family Pristiophoridae	ノコギリザメ科			
7. *Pristiophorus japonicus* GÜNTHER	ノコギリザメ	S		+
Family Spuatinitdae	カスザメ科			
8. *Squatina japonica* BLEEKER	カスザメ	S		
Family Rhinobaidae	サカタザメ科			
9. *Rhinobatos schlegeli* MÜLLER et HENLE	サカタザメ	S		+
Family Torpedinidae	シビレエイ科			
10. *Narke japonica* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	シビレエイ	S		+
Family Platyrhinidae	ウチワザメ科			
11. *Platyrhina sinensis* (BLOCH et SCHNEIDER)	ウチワザメ	S		
Family Rajidae	ガンギエイ科			
12. *Raja kenojei* MÜLLER et HENLE	ガンギエイ	S	+	+
Family Dasyatidae	アカエイ科			
13. *Dasyatis akajei* (MÜLLER et HENLE)	アカエイ	S	+	
Family Dorosomatidae	コノシロ科			
14. *Clupanodon punctatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	コノシロ	S	+	+
Family Dussumieridae	ウルメイワシ科			
15. *Etrumeus micropus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ウルメイワシ	S	+	
Family Clupeidae	イワシ科			
16. *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	マイワシ	T	+	+
Family Engraulidae	カタクチイワシ科			
17. *Engraulis japonica* (HOUTTUYN)	カタクチイワシ	T	+	-
Family Salmonidae	サケ科			
18. *Oncorhynchus masou* (BREVOORT)	マス	N		-
Family Synodontidae	エソ科			
19. *Trachnocephalus myops* (SCHNEIDER)	オキエソ	S	+	+
20. *Saurida undospuamis* (RICHARDSON)	マエソ	S	+	+

* Remarks: + Shows the species occured in above mentioned locality.

Family Aulopidae	ヒ メ 科			
21. *Hime japonica* (GÜNTHER)	ヒ メ	S		
Family Plotosidae	ゴンズイ科			
22. *Plotosus anguillaris* (LACÉPÈDE)	ゴンズイ	S		
Family Anguillidae	ウナギ科			
23. *Anguilla japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL	ウナギ	S		
Family Congridae	アナゴ科			
24. *Anago anago* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ゴテンアナゴ	S		
25. *Astroconger myriaster* (BREVOORT)	マアナゴ	T		
Family Muraenesocidae	ハモ科			
26. *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL)	ハモ	S		
Family Ophichthidae	ウミヘビ科			
27. *Prisoödonophis zophistius* JORDAN et SNYDER	ホタテウミヘビ	S		
Family Muraenidae	ウツボ科			
28. *Gymnothorax kidako* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ウツボ	S		
Family Gasterosteidae	トゲウオ科			
29. *Gasterosteus aculeatus aculeatus* (LINNE)	イトヨ	N		
Family Fistulariidae	ヤガラ科			
30. *Fistularia petimba* LACÉPÈDE	アカヤガラ	S		
Family Belonidae	ダツ科			
31. *Ablennes anastomella* (CUVIER et VALENCIENNES)	ダツ	T		
32. *A. hians* (CUVIER et VALENCIENNES)	ハマダツ	S		
Family Hemirhamphidae	サヨリ科			
33. *Hemirhamphus sajori* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	サヨリ	T		
Family Exocoetidae	トビウオ科			
34. *Prognichthys agoo* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	トビウオ	S		
Family Scombresocidae	サンマ科			
35. *Cololabis saira* (BREVOORT)	サンマ	T		
Family Regalecidae	リュウグウノツカイ科			
36. *Regalecus russellii* (SHAW)	リュウグウノツカイ	S		
Family Sphyraenidae	カマス科			
37. *Sphyraena pinguis* GÜNTHER	アカカマス	S		
Family Mugilidae	ボラ科			
38. *Mugil cephalus* LINNÉ	ボラ	S		
39. *Crenimugil crenilabis* (FORSKÅL)	フウライボラ	S		
Family Atherinidae	トウゴロウイワシ科			
40. *Atherina bleekeri* (GÜNTHER)	トウゴロウイワシ	S		
Family Polynemidae	ツバメコノシロ科			
41. *Polydactylus plebejus* (BROUSSONET)	ツバメコノシロ	S		
Family Zeidae	マトウダイ科			
42. *Zeus japonicus* CUVIER et VALENCIENNES	マトウダイ	S		
43. *Zenopsis nebulosa* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	カガミダイ	S		
Family Monocentridae	マツカサウオ科			

44. *Monocentris japonicus* (HOUTTUYN)	マツカサウオ	S
Family Scombridae	サバ科	
45. *Scomber japonicus* HOUTTUYN	[illegible]	T
46. *S. tapeinocephalus* (BLEEKER)	[illegible]	S
Family Katsuwonidae	カツオ科	
47. *Auxis thazard* (LACEPEDE)	ヒラソウダ	S
48. *A. tapeinosoma* (BLEEKER)	マルソウダ	S
49. *Thunnus thynnus* (LINNÉ)	クロマグロ	T
50. *Neothunnus albacora* (LOWE)	キハダマグロ	S
51. *Scomberomorus commerson* (LACÉPÈDE)	ヨコシマサワラ	S
52. *S. sinensis* (LACÉPÈDE)	ウシサワラ	S
53. *S. niphonius* (CUVIER et VALENCIENNES)	[illegible]	S
Family Trichiuridae	タチウオ科	
54. *Trichiurus lepturus* (LINNÉ)	タチウオ	S
Family Hstiophoridae	マカヂキ科	
55. *Histi*ophorus *orientalis* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S
Family Coryphaenidae	シイラ科	
56. *Coryphaena hippurus* LINNÉ	シイラ	S
Family Stromateidae	ニボダイ科	
57. *Psenopsis anomala* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S
Family Pampidae	マナガツオ科	
58. *Pampus argenteus* (EUPHRASEN)	マナガツオ	S
Family Carangidae	アジ科	
59. *Trachurus japonicus* (TEMMINCK et SCHLGEL)	マアヂ	S
60. *Decapterus lajang* BLEEKER	モロ	S
61. *D. muroadsi* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S
62. *Carax erunla* TEMMINCKL et SCHLEGEL	[illegible]	S
63. *C. sexfasciatus* QUOY et GAIMARD	ナガエバ	S
64. *Alectis ciliaris* (BLOCH)	イトヒキアヂ	S
65. *Seriola quinqueradiata* TEMMINCK et SCHLEGEL	ブリ	T
66. S. *aureovittata* TEMMINCK et SCHLEGEL	[illegible]	S
Family Leiognathidae	[illegible]科	
67. *Leiognathus nuchalis* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S
Family Rachycentridae	[illegible]科	
68. *Rachycentron canadum* (LINNÉ)	[illegible]	S
Family Pempheridae	[illegible]科	
69. *Pempheris japinicus* DÖDERLEIN	[illegible]	S
Family Oplegnathidae	[illegible]科	
70. *Oplegnathus fasciatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S
Family Mullidae	[illegible]科	
71. *Upeneus bensasi* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S
72. *Pseudupeneus trifasciatus* (LACÉPÈDE)	[illegible]	S
73. *P. chrysopleuron* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	[illegible]	S

	Family Cepolidae	アカタチ科			
74.	*Acanthocepola krusensterni* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	アカタチ	S		
75.	*A. limbata* (CUVIER et VALENCIENNES)	イツテンアカタチ	S		
	Family Apogonidae	テンヂクダイ科			
76.	*Apogon niger* DÖDERLEIN	クロイシモチ	S		
77.	*A. lineatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	テンヂクダイ	S		
78.	*A. semilineatus* TEMMINCK et SCHLEGEL	ネンゴツダイ	S		
79.	*A. endekataenia* (BLEEKER)	コスヂテンヂクダイ	S		
80.	*A. kiensis* JORDAN et SNYDER	テツポウイシモチ	S		
	Family Serranidae	スズキ科			
81.	*Diploprion bifasciatus* KUHL et van HASSELT	キハツソク	S		
82.	*Lateolablax japonicus* (CUVIER)	スズキ	S		
83.	*Epinephelus akaara* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	キジハタ	S		
84.	*E. fario* (THUNBERG)	ホシハタ	S		
85.	*E. moara* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ケ エ	S		
86.	*E. awoara* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	アオハタ	S		
87.	*E. diacanthus* (VALENCIENNES)	アオハタモドキ	S		
88.	*E. septemfasciatus* (THUNBERG)	マ ハ タ	S		
89.	*E. fasciatus* (FORSKÅL)	アカハタ	S		
90.	*Niphon spinosus* CUVIER et VALENCIENNES	ア ラ	S		
91.	*Caprodon schlegeli* (GUNTHER)	アカイサキ	S		
92.	*Percanthias japonicus* (FRANZ)	シキシマハナダイ	S		
	Family Sciaenidae	ニ ベ 科			
93.	*Miichthys imbricata* MATSUBARA	ホンニベ	S		
94.	*Argyrosomus argentatus* (HOUTTUYN)	イシモチ	S		
	Family Sillaginidae	キ ス 科			
95.	*Sillago sihama* (FORSKÅL)	キ ス	S		
	Family Girellidae	メヂト科			
96.	*Girella punctata* GRAY	メヂト	S		
97.	*G. mezina* JORDAN et STARKS	オキナメヂト	S		
	Family Sparidae	タ イ 科			
98.	*Taius tumifrons* (TEMMINCK et SCHLEGLE)	キダイ	S		
99.	*Evynnis japonica* TANAKA	ヒダイ	S		
100.	*E. cardinalis* (LACÉPÈDE)	ヒレコダイ	S		
101.	*Chryrophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL	マダイ	S		
102.	*Mylio macrocephalus* (BASILEWSKY)	クロダイ	S		
103.	*Rhabdosargus sarba* (FORSKÅL)	ヘダイ	S		
	Family Lethrininidae	ソデソキダイ科			
104.	*Lethrinus haematopterus* TEMMINCK et SCHLEGEL	ソデソキダイ	S		
	Family Lutjanidae	フエダイ科			
105.	*Lutjanus vitta* (QUOY et GAIMARD)	ヨコスヂフエダイ	S		
106.	*L. sebae* (CUVIER et VALENCIENNER)	センネンダイ	S		
	Family Nemipteridae	イトヨリダイ科			

107. *Nemipterus virgatus* (HOUTTUYN)	イトヨリダイ	S		+
Family Pomadasyidae	イサキ科			
108. *Hapalogenys nigripinnis* (TEMMINCK et SCHLEGEL	ヒゲダイ	S		+
109. *Parapristipoma trilineatum* (THUNBERG)	イサキ	S	+	+
110. *Plectorhinchus pictus* (THUNBERG)	コロダイ	S		+
111. *P. cinctus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	コシヨウダイ	S		+
Family Theraponidae	シマイサキ科			
112. *Therapon oxyrhynchus* TEMMINCK et SCHLEGEL	シマイサキ	S	+	+
Family Aplodactylidae	タカノハダイ科			
113. *Goniistius zonatus* (CUVIER et VALENCIENNES)	タカノハダイ	S	+	+
114. *G. quadricornis* GÜNTHER	ユウダチタカノハ	S		+
Family Embiotocidae	ウミタナゴ科			
115. *Ditrema temmincki* BLEEKER	ウミタナゴ	S	+	+
Family Pomacentridae	スズメダイ科			
116. *Chromis notatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	スズメダイ	S	+	+
117. *Abudefduf sexfasciatus* (LACÉPÈDE)	ロクセンスズメダイ	S		+
Family Labridae	ベラ科			
118. *Verro oxycephalus* (BLEEKER)	キツネダイ	S		+
119. *Duymaeria flagellifera* (CUVIER et VALENCIENNES)	オハグロベラ	S	+	+
120. *Pseudolabrus japonicus* (HOUTTUYN)	サズノハベラ	S	+	+
121. *P. gracilis* (STEINDACHNER)	イトベラ	S	+	+
122. *Semicossyphus reticulatus* (CUVIER et VALENCIENNES)	コブダイ	S	+	+
123. *Halichoeres tenuispinnis* (GÜNTRHF)	ホンベラ	S	+	+
124. *H. poecilopterus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	キウセン	S	+	+
125. *Iniistius niger* (STEINDACHNER)	クロテンス	S		+
Family Hepatidae	ニザダイ科			
126. *Naso unicornis* (FORSKÅL)	テングハギ	S		+
Family Siganidae	アイゴ科			
127. *Siganus fuscescens* (HOUTTUYN)	アイゴ	S	+	+
Family Balistidae	モンガラカワハギ科			
128. *Canthidermis rotundatus* (PRÓCE)	アミモンガラ	S		+
Family Monacanthidae	カワハギ科			
129. *Stephnolepis cirrhifer* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	カワハギ	S	+	+
130. *Navodon modestus* (GÜNTHER)	ウマヅラハギ	S	+	
131. *Rudarius ercodes* JORDAN et FOWLER	アミメハギ	S		
Family Ostraciontidae	ハコフグ科			
132. *Kentrocapros aculeatus* (HOUTTUYN)	イトマキフグ	S		+
Family Tetraodontidae	フグ科			
133. *Lagocephalus spadicens* (RICHRDSON)	サバフグ	S	+	+
134. *L. inermis* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ゴマフグ	T		+
135. *Fugu stictonotus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	カナフグ	S		+
136. *F. rubripes* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	トラフグ	S	+	+
137. *F. pardalis* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ヒガンフグ	T	+	+

138. *F. vermicularis* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	シヨウサイフグ	S		
139. *F. niphobles* (JORDAN et SNYDER)	ウサフク	S		
140. *Arothron stellatus* (BLOCH et SCHNEIDER)	モヨウフク	S		
Family Molidae	マンボウ科			
141. *Mola mola* (LINNÉ)	マンボウ	T		
Family Scorpaenidae	フサカサゴ科			
142. *Sebastes inermis* CUVIER et VALENCIENNES	メバル	S		
143. *S. schlegeli* HILGENDORF	クロソイ	T		
144. *S. oblongus* GÜNTHER	タケノコメバル	S		
145. *Sebastiscus albofasciatus* (LACÉPÈDE)	アヤメカサゴ	S		
146. *S. marmoratus* (CUVIER et VALENCIENNES)	カサゴ	S		
147. *Scorpaena izensis* JORDAN et STARKS	イズカサゴ	S		
148. *Pterois lunulata* TEMMINCK et SCHLEGEL	ミノカサゴ	S		
149. *Apistus carinatus* (BLOCH et SCHNEIDER)	ハチ	S		
Family Synancelidae	オニオコゼ科			
150. *Inimicus japonicus* (CUVIER et VALENCIENNES)	オニオコゼ	S		
151. *Erosa erosa* (LANGSDORF)	ダルマオコゼ	S		
Family Congiopodidae	ハオコゼ科			
152. *Hypodytes rubripinnis* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ハオコゼ	S		
153. *Erisphex potti* (STEINDACHNER)	アブオコゼ	S		
Family Hexagrammidae	アイナメ科			
154. *Agrammus agrammus* (TEMMIMCK et SCHLEGEL)	ケチメ	T		
155. *Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS	アイナメ	T		
Family Cottidae	カジカ科			
156. *Pseudoblennius percoides* GÜNTHER	マナハゼ	T		
157. *P. zonostigma* JORDAN et STARKS	オビアナハゼ	S		
Family Platycephalidae	コチ科			
158. *Cociella crocodila* (TILESIUS)	イネゴチ	S		
159. *Onigocia macrolepis* (BLEEKER)	アネサゴチ	S		
160. *O. spinosa* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	オニゴチ	S		
161. *Platycephalus indicus* (LINNÉ)	コチ	S		
Family Bembridae	ハカゴチ科			
162. *Bembras japonicus* CUVIER et VALENCIENNES	アカゴチ	S		
Family Hoplichthyidae	ハリゴチ科			
163. *Hoplichthys regani* JORDAN et RICHARDRON	ハリゴチ	S		
Family Cyclopteridae	ダンゴウオ科			
164. *Cyclolumpus asperrimum* TANAKA	コンペイオ	N		
Family Trigridae	ホウボウ科			
165. *Chelidonichthys kumu* (LESSON et GARNOT)	ホウボウ	S		
166. *Lepidotrigla microptera* GÜNTHER	カナガシラ	S		
167. *L. güntheri* HILGENDORF	カナド	S		
Family Dactylopteridae	セミホウボウ科			
168. *Daicocus peterseni* (NYSTRÖM)	ホシセミホウボウ	S		

Family Gobiidae	ハゼ科			
169. *Rhinogobius pflaumi* (BLEEKER)	スヂハゼ	S		+
170. *Cryptocentrusfilifer* (CUVIER et VALENCIFNNES)	イトヒキハゼ	S	+	+
171. *Acanthogobius flavimanus* (TEMMINCK et SCHEGEL)	マハゼ	T	+	+
172. *Pterogobius elapoides* (GÜNTHER)	キスバリ	T	+	+
173. *P. zacalles* JORDAN et SNYDRE	リュウグウハゼ	T	+	+
174. *P. virgo* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ニシキハゼ	S	+	
175. *Chasmichthys gulosus* (GUICHENOT)	ドロメ	T	+	+
176. *Tridentiger obscurus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	チチブ	T	+	
177. *Periophthalmus cantonensis* (OSBECK)	トビハゼ	S	+	+
Family Echeneidae	コバンザメ科			
178. *Echeneis naucrates* (LINNÉ)	コバンザメ	S		+
Family Uranoscopidae	ミシマオコゼ科			
179. *Uranoscopus japonicus* (HOUTTUYN)	ミシマオコゼ	S	+	
Family Callionymidae	ネヅツポ科			
180. *Callionymus lunatus* TEMMINCK et SCHLEGEL	ネヅツポ	S	+	+
181. *C. richardsoni* BLEEKER	ネヅミゴチ	S	+	
Family Parapercidae	トラギス科			
182. *Neopercis sexfasciata* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	クラカケトラギス	S	+	+
183. *N. multifasciata* (DÖDERLEIN)	オキトラギス	S	+	
Family Ammodytidae	イカナゴ科			
184. *Ammodytes personatus* GIRARD	イカナゴ	T	+	+
Family Blennidae	ギンポ科			
185. *Tripterygion etheostoma* JORDAN et SNYDER	ヘビギンポ	S	+	+
186. *Neoclinus bryope* (JORDAN et SNYDER)	コケギンポ	S	+	
187. *Blennius yatabei* JORDAN et SNYDER	イソギンポ	S	+	+
188. *Omobranchus elegans* (STEINDACHNER)	ナベカ	S	+	+
189. *O. japonicus* (BLEEKER)	イダテンギンポ	S		+
190. *Azuma emmnion* JORDAN et SNYDER	フサギンポ	N		+
191. *Dictyosoma burgeri* VAN der HOEVEN	ダイナンギンポ	T	+	+
Family Brotulidae	イタチウオ科			
192. *Sirembo imberbis* TEMMINCK et SCHLEGEL	ウミドジョウ	S	+	+
193. *Hoplobrotula armata* (TEMMIMCK et SCHLEGEL)	ヨロイイタチウオ	S		+
Family Bothidae	ヒラメ科			
194. *Paralichthys olivaceus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ヒラメ	T	+	+
195. *Psendorhombus cinnamomeus* (TEMMINCK et SCHLFGEL)	ガンゾウビラメ	S	+	
196. *Arnoglossus japonicus* HUBBS	ニホンダルマガレイ	S	+	
Family Plenronectidae	カレイ科			
197. *Eopstta grigorjewi* (HERZENSTEIN)	ムシガレイ	T	+	
198. *Verasper variegatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	ホシガレイ	S	+	+
199. *Pleuronichthys cornatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	メイタガレイ	T	+	+
200. *Limanda yokahamae* (GÜNTHR)	マコガレイ	T	+	+
201. *Glidoderma asperrimum* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	サメガレイ	N		+

202. *Tanakius kitaharae* (JORDAN et STARKS)	ヤナギムシガレイ	N		+
Family Soleidae	サヽウシノシタ科			
203. *Heteromycteris japonicus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	サヽウシノゞタ	S	+	+
Family Cynoglossidae	ウシノシタ科			
204. *Rhinoplagusia japonica* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	クロウシノシタ	T		+
205. *Areliscus joyneri* (GÜNTHER)	アカシタビラメ	S	+	+
Family Gadidae	タ ラ 科			
206. *Eleginus gracilis* (TILESIUS)	コ マ イ	N		+
207. *Theragra chalcogramma* (PALLAS)	スケトウダラ	N		+
Family Coryphaenoididae	ソコダラ科			
208. *Coelorhynchus japonicus* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	トウジン	S		+
Family Lophiidae	アンコウ科			
209. *Lophiomus setigerus* (VAHL)	アンコウ	T	+	+
Family Antennariidae	イザリウオ科			
210. *Pterophryne histrio* (LINNÉ)	ハナオコゼ	S		+
211. *Antennarius tridens* (TEMMINCK et SCHLEGEL)	イザリウオ	S	+	

		Yoshimi	Senzaki
Sum.	S—	107	150
	T—	24	27
	N—	0	9
	Total—	131	186

Table 2. The faunal distribution of fishes in various localltis of the Japan Sea.

Loc. / Nos. Form	Yoshimi		Senzaki		(Yanai) Shimane		(Katayama) Toyama		(Honma) Niigata		(Hikita, Misu) Hokkaido		(Tanaka) Whole Japan	
	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%
S	107	82	150	80	222	67	270	66	212	59	2	3	738	77
T	24	18	27	15	64	20	60	15	67	18	5	8	84	9
N	0	0	9	5	43	13	79	19	85	23	54	89	136	14
Sum.	131	100	186	100	329	100	409	100	364	100	61	100	958	100

Remarks: S Southern Japan form; T Form occurs throughout Japan; N Northern Japan form

Table 3. Comparison of the faunal distribution of fishes in various localities of the Japan Sea with whole Japan.

Loc.	Yoshimi		Senzaki		Shimane		Toyama		Niigata		Hokkaido	
S	+	5%	+	3%	—	10%	—	11%	—	18%	—	74%
T	+	9%	+	6%	+	11%	+	6%	+	9%	—	1%
N	—	14%	—	9%	—	1%	+	5%	+	9%	+	75%

結　　果

第3表に見る様に，北方種は吉見，仙崎と劣勢で，島根でも，まだ僅か乍ら劣勢であるが，富山，新潟と北進するに従つて，次第に優勢となる。南方種は吉見及び仙崎地区では稍優勢であるが，島根以北では劣勢となり，北進するに従つてその傾向は著しい。尚北方種の象徴とも言うべき *Oncorhnchus* 属の日本海南部に於ける分布に関し，水産局（1937）の報告に依れば萩市で，海に注ぐ阿武川迄はサケ *Oncorhynchus keta* の分布が知られているが，筆者等は仙崎の近くを流れる深川でマス *Oncorhynchus masou*（陸海型）を採集した。更にサケは福岡県博多湾今津川口及び唐津湾に接する加布里湾内泉川にも遡上することを確かめた。マスが九州地方有明海に棲息することは既に松原喜代松氏（1934）により報告されているが，此処にサケも従来報告された南限を遙かに越えて九州に及んでいることが判つた。南方種の分布の北限に関し，第2表に見る様に北海道でも僅少乍ら南方種が現われているが，北海道の日本海岸に此の他にも先に木下虎一郎氏(1936)が報告した通りサイトウ *Chirocentrus dorab* の様な熱帯性の種類が採集された記録もある。又 Lindberg（1928）は7～10月の暖期にウラシオストツクには他の期間には見られない32種の魚類が出現することを指摘したが，何れも年間に於ける温度の変化に大きな巾があることに原因すると考える。

結　　語

島根県附近は南方種の勢力は既に減少しているが，北方種の勢力も未だ優れず，中庸の性状を具えていると看做し得るので，之を中部区とする。山口県下の仙崎及吉見地区は何れも南方区，富山以北は北方区とする。又対馬暖流は一部は支流となつて津軽海峡に這入るが，主流は北海道の西岸を北上していること，各地区共稍沖合の底層には周年寒冷水が停滞すること，島根以南には周年対馬暖流系の暖水が存在すること（宇田道隆氏1934）等，日本海の海況と上述の魚類相とはよく一致している。

参考文献

LINDBERG, G. : 1928. Southern elements in the fish fauna of Peter the Great Bay (Sea of Japan). C. R. Acad. Sci., U. R. S. S.

TANAKA S. : 1931, On the distribution of fishes in Japanese waters. Jour. Fac. Scie., Imp. Univ. Tokyo. Ser. IV (Zool.), **3**(1).

宇田　道隆：1934. 日本海，黄海，オホーツク海の平年各月海況．水試報告，**5**.

松原喜代松：1934. 熊本県神合にて漁獲されし鰹に就いて．養殖会誌，**4** (6).

木下虎一郎：1936. 全市でとれたサイトウ．北水試旬報，**331**.

水　産　局：1937. 河川漁業．**6**.

片山　正夫：1940. 富山湾産魚類目録．富山博物学会誌，**3**.

柳井　隆一：1950. 山陰の魚類．動雑，**59** (1).

定田　豊治・三栖　寛：1952 魚類調査（昭和26年度）．北部日本海深海魚田調査報告，**3**.

本間　義治：1952. 新潟県産魚類目録．魚雑，**2**(3)，(4—5).

Ekman, S. : 1953. Zoogeography of the Sea.

アラムシロ *Tritia* (HINIA) *festivus* (POWYS), ムシロガイ *Nassarius livescens* (PHILIPPI) の卵嚢及び孵化幼生に就いて※

網尾勝

On the Egg-capsules and Larvae of *Tritia festivus* (POWYS) and *Nassarius livescens* (PHILIPPI)

By

Masaru AMIO

Both *Tritia festivus* and *Nassarius livescens* occur commonly on the coast of Japan, and egg-capules of these two species attached to various objects were collected in such regions as shown in Table 1.

Three types are recognized in the manner of attachment to the substratum in egg-capsules of the above-mentioned two species and of those of others described by LEBOUR, THORSON and MAC GINTJE referable to the family Nassariidae, viz., perpendicular, slanting, and downcast (Fig.3, A, B, C). It appears to hold true in all the three types that vacillation and miscellany of the substrata lead to lowering of relative height and widening of face of adhesion of the egg-capsules.

In *Tritia festivus*, translucent and lens-shaped egg-capsule containing cream-colored eggs, some 40 in number and each measuring about 0.17 mm in diameter, is seen attached to the substratum singly or grouped either irregularly or in a row. These egg-capsules are generally laid on the tidal zone. The newly hatched larva meaures 0.30mm across and continues pelagic life for 4 or 5 weeks. On the other hand, in *Nassarius livescens*, the egg-capsules shaped like swollen pouch are laid in a place rather lower than that of *Tritia festivus*. One capsule contains only one egg (0.32mm in diameter) and the hatched larva (0.55—0.60mm across) passes about a week of free-swimming stage.

In both species, veligers possess positive phototaxis and attain almost same size (about 0.65mm in shell height) at metamorphosis. But crawling larva of *Nassarius livesens* has the foot divided at its tip, a feature different from the former species. After the metamorphosis, the larvae of *Nassarius livescens*,

※ 水産講習所研究業績 第200号

devour not only each other but also small bivalves, as already observed in those of European species of *Nassarius*.

緒言

本邦産 Nassariidae に属する貝類の中，アラムシロやムシロガイは沿岸に棲息する極く普通の巻貝である。干潟附近でこれ等の貝類が腐肉や衰弱した二枚貝類に蝟集し，口吻を挿入して内肉を捕食しているのを時々見掛ける事はあるが，従来の知見では養殖中の有用貝類に害を与える種類とは見做されていない。これ等の貝類は Naticidae [1] や Muricidae[3] に属する幾つかの種類で既に報告されている如く，他の貝類に穿孔する性質をもたないが，ヨーロツパ産 *Nassarius* では稚幼時代に小さい二枚貝を食つて成育する事実が知られているから[8] 有用貝類の増殖上影響を与えることは想像に難くないところである。

本科の生活史に関しては，外国では数種類のそれ等の産卵習性，並びに卵嚢や幼期について報告されているが，邦産種では報告されているものが甚だ少なく，僅かにムシロガイの産卵に関して観察されている[7] に過ぎない。筆者は野外に於いて採集したアラムシロ及びムシロガイの卵嚢や幼期に就いて観察する機会を得たのでそれ等の知見を報告する。

本文に先立ち，御校閲を仰ぎ且つ多大の御支援を賜つた当所吉田裕博士に深甚の謝意を捧げる次第である。

材料及び方法

干潟附近で種々の附着物に産着けられている卵嚢を機会ある毎に採集し(第1表)，これをガ

Table 1. Records of collection of egg capsules.

Species	Date (1955)	Locality	Substratum	Depth
Tritia festivus	22, Apr.	Yoshimi, Shimonoseki City	*Zostera* leaves, egg strings of *Neverita didyma* and *N. vesicalis*	tidal marks
	26, May	Takata, Oita Pref.	egg strings of *Neverita didyma*	ditto
	8, July	Otoshima, Okayama Pref.	dead shell of *Laternula limicola*, *Zostera* leaves, egg strings of *Natica maculosa*, and living shell of same species	ditto
Nassarius livescens	11, June	Yoshimi, Shimonoseki City	*Zostera* leaves	1 m at ebb tide
	20, July	ditto	large dead shell of abalone lying on bottom	ditto
	2, Aug.	ditto	glass bottle lying on bottom	ditto

ラス水槽中で飼育し，幼生が孵化してから匍匐する様になる迄観察した。飼育に当つては，毎日1回の換水を行つた。但しアラムシロに於いては飼育途中の斃死が甚だ多いので，プランクトンネツトで野外から採集した浮游仔貝を併行して飼育し，これによつて卵から孵化した浮游

仔貝と共に連続した発育経過を追究した。浮游期の仔貝の種の同定には筆者が Naticidae に就いて行つたのと同様の方法をとつた。即ち孵化幼生の殻と，成貝型の螺頂とを比較検討すると共に，匍匐期に達した幼生の足，触角等の軟体部と可及的小さい（殻高4mm前后）成貝型の軟体部とを比較して正確を期した。

観　察　結　果

1．アラムシロ *Tritia* (*Hinia*) *festivus* (POWYS) = *Nassarius festivus* (POWYS)

産卵場所：　本種の産出卵は大分県豊後高田市呉崎町，山口県下関市吉見町，岡山県玉島市乙島町地先等で調査したところに依れば，主として干潮線附近に生えている *Zostera* の葉上に産み着けられている。その他，ヒメツメタ，ツメタガイ，ヘソクリ等によつて産出された砂茶碗の表面，或は小型の貝類の破片の上等にも見受けられた。又，乙島町地先では同種の生貝（雌1，雄2個体）の殻表に産着けられている卵嚢も採集された。この様に卵嚢の附着物は極めて多岐に亘り，親貝が棲息している場所附近に存在する適当な物であれば卵嚢は殆んど差別なく産着けられている。

産卵期：　4月から7月に亘り卵嚢が見られたが，特に7月頃が多い様である。8月中でも孵化后余り時日を経過していない浮游仔貝がプランクトンネツトで比較的多く採集されたので，産卵期は4月から8月頃までに亘り，可成り長期間であると推測される。

卵嚢の附着状態：　第1図に示した様に数個乃至20個位の卵嚢が1部分相互に重なつて1列状態となり比較的規則正しく葉上に附着している。この様に列状に産着けられている場合でも，幼生孵出口が開いている方向は数個づつの群別で相反している場合が多く，又，上下に卵嚢が重なつている状態も屢々見受けられた。列状の場合でも各卵嚢は比較的容易に個々に分離出来，2，3個づつの群として或は1個宛疎らに産着けられている状態も見られるので，ムシロガイが同時に2，3個づつ産出するのと異つて，元来本種の卵嚢は1個づつ独立的に産出されるものと推測する。

卵嚢及び卵：　卵嚢は長径1.5～2.1mm，短径1.1～1.6mmの幾分不規則な楕円形で，側面から測つた高さは0.4～0.8mmである。即ち全体は凸レンズ型を呈し，半透明の薄い角質様嚢膜で構成され（外側嚢），表面に縮緬状のを皺が認められる。基底部の附着面には0.3～0.6mmの遊離縁があり，幼生孵出口の大きさは0.30～0.37mm×0.26～0.28mmで側面に向つて開口している。この孵出口は幼生が未だ卵嚢内にある時は，そこが他の嚢膜より比較的薄い膜で閉塞されている。この孵出口を挟んで稍不明瞭な2本の隆起線があり，これ等は卵嚢側面を半円状に取巻いて基底に達している。卵嚢内部には外側嚢に沿つて極めて薄い嚢状膜が存在し（内側嚢），之によつて卵や粘稠液が直接包まれている。以上の様に本種の卵嚢の型は本科の既知の種類に比し甚だ特異な形状を呈している。

1卵嚢中には20～50個，普通30～40個のクリーム色の卵が透明な粘稠液と共に存在し，卵の直径は0.17mmである。これ等の卵は発育中その数が減少することはない。

幼生：　卵嚢中の幼胚は，筆者の観察した地方では7月中に（水温25～28°Cの範囲）9日前后で孵化する。即ち卵嚢中の被面子期にある幼生は内側嚢を破ると同時に外側嚢に存在する孵出口から外部の水中に離出する。孵化当初の殻は径0.29～0.30mm，約1周階，透明でその表面に微小な粒子が散在している。水管溝及び外唇中央部は僅かに突出している。肝臓は茶褐色，

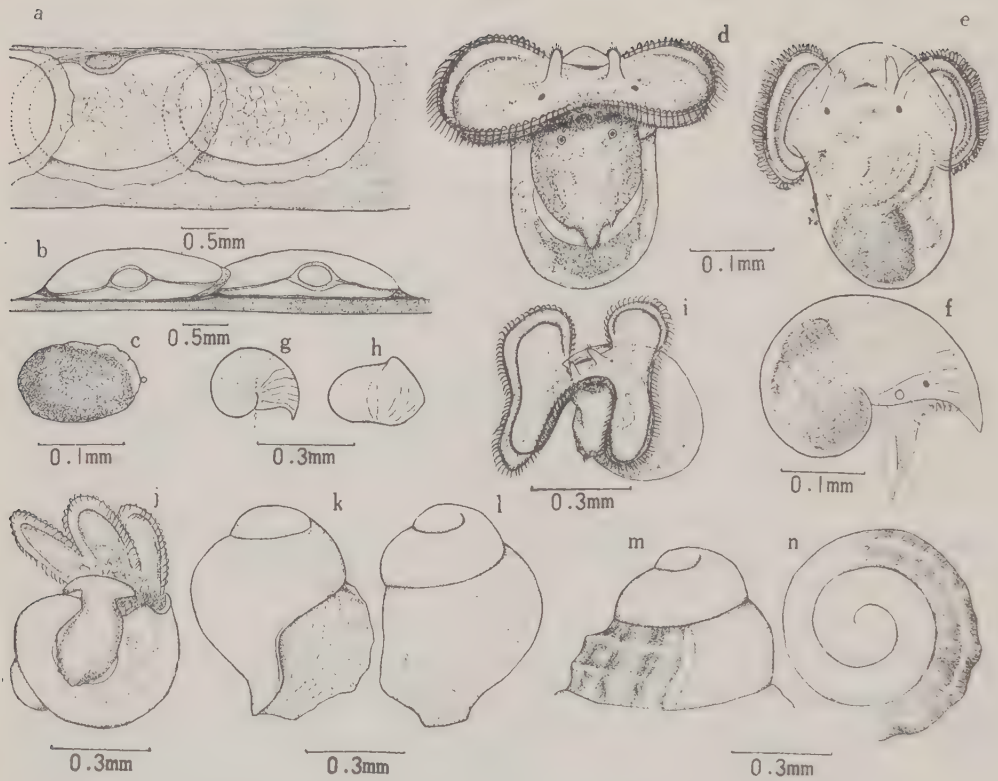


Fig. 1. *Tritia festivus* (POWYS)

a, b, Egg-capsules containing many embryos and attached to *Zostera* leaf, seen from upper and lateral sides;

d, e, f, newly hatched larvae in free-swimming stage, 0.30mm across;

g, h, shell of newly hatched veliger, lateral and dorsal aspects;

i, Free-swimming larva from egg, 14 days old, 0.45mm across;

j, larva from a tow (0.38mm across when collected) after rearing of 17 days, 0.52mm across;

k, l, larval shell, reared 4 weeks from a tow until metamorphic stage, 0.62mm across and 0.65mm high;

m, n, apex of adult shell.

消化盲嚢及び口部周辺は淡紫黒色を呈し，直腸部は稍その色彩が濃厚で，足の基部は灰褐色である。楕円状に左右に拡がる2葉形の面盤には，その周縁に普通淡い紫黒色帯が認められる。面盤前方の左右両葉の繊毛が合流する附近にも稍濃い紫黒色を帯びた部分がある。面盤上の両側に存在する触角は太くて短く，先端に明らかな繊毛が観察され，基部には両眼が頗る明瞭に認められる。足にはその基部附近に鮮明な2個の平衡胞が存在し，中央後端は幾分突出してそこに数本の可成り明らかな繊毛が認められ，背部には極く薄い蓋がある。

孵化後1週間を経過した幼生は殻径約0.38mm，外套中央は瘤状に突出し，その両側中央が幾分縊れて4葉形を呈する様になる。Naticiade [1] や他の *Nassarius* [8] 等で観察されているのと同様に，面盤に存在する内外（上，下）二重の繊毛列は口部両側附近で溝状部を形成し，ここを伝って微細な食餌が口中に取り入れられるのが観られた。この時期の幼生は孵化直後の

ものと同様活潑な游泳運動を続行し，顕著な正の趨光性を示す。足の後部両側縁には2，3の微弱な膨出部が認められ，この部分の形態はムシロガイの被面子と稍異つている。約2週間后，幼生は殻径0.45mm，約2殻階となり，前足部は発達して時々底面に沈降し始めるが，未だ面盤は退化しない。外唇中央の突出部からは後方へ続く淡い褐色を帯びた隆起が螺肋状に認められ，これを横ぎる成長線は可成り明瞭である。8月中には殻径0.38mm前后の，孵化后1週間位に相当する本種の浮游仔貝がプランクトンネツトで多数採集される。これ等を飼育したところ，17日后には殻径0.52mm，殻高0.55mm，2½階となり，外唇の嘴状突出は次第に不明瞭となつた。約4週間后には殻径0.62mm，殻高0.65mm，約3殻階に成長し，足は暗灰色で，その前部は左右に翼状に拡がり，底を匍匐運動する様になり変態期に達した。面盤は極く小さい乍ら残存しているので，時々これにより廻転運動を行う場合もある。殻を透して内部の櫛鰓状の鰓，活動する心臓等が看取された。外唇部には4～5条の余り顕著でない螺条が出現しており，色彩も薄い茶褐色に変化し，中央の突出部は認められなかつた。水管溝は短いが稍広い。

上記の様に，この幼生の発育中に観察される殻，軟体部等の形状はヨーロツパ産 *Nassarius reticulata*（大山[11]によれば *Tritia* 属に入れられる）に甚だ類似し，且つ変態期に達した幼生は後述する邦産ムシロガイのものと相似した点が多い。又，乙島地先で観察したところでは，*Zostera* の葉上に無数に産出されている卵嚢の附近にはアラムシロの成貝が多数見受けられ，その中にはここで述べた卵嚢が産着けられていた個体もあつた。9月中，吉見附近では殻高4mm前后の本種の稚貝が採集されるが，その螺頂部の形状はこの卵嚢から孵化した幼殻と一致し，更に足部，触角等の軟体部の諸形質も同様であつて本幼生がアラムシロのものであることは疑いないと思う。

2．ムシロガイ *Nassarius livescens* (PHILIPPI)

産卵場所：　本種の卵嚢は，下関市吉見町地先で，干潮時水深 50cm～1m位の泥砂地に横たわつている平たい大きな鮑の死殻上，及び水底に半分位埋まつている硝子鰻の表面等に多数発見され又 *Zostera* の葉上にも産出せられている場合も時々見られた。然し前種の様に親貝の殻上或は種々の砂茶碗等の表面には全然見られなかつた。

産卵期：　夏季6～8月に亘り野外で卵嚢が採集される。又，水槽で飼育中の成貝が産卵したのが観察された[7]のもこの頃である。

卵嚢の附着状態：　1箇所に150～400個位の卵嚢が稍不規則な列状をなし1塊となつて附着し，個々には分散していない。前種では個々の卵嚢が比較的容易に分離されるのに反し，本種では相互の附着盤が可成り密着しているので個々の卵嚢をひき離すことは稍困難である。水槽中の産卵観察によつて，卵嚢は一度に2，3個づつ産出されることが確められている。従つて卵嚢の附着状態が前種と若干異つているのは親貝の産卵習性が両種間で幾分相異しているからだと思われる。

卵嚢及び卵：　卵嚢はその外側嚢がアラムシロのものより比較的薄くて透明な膠質様の膜で構成され，膨れた財布状を呈する。卵嚢の側面は左右両嚢壁が合して龍骨状を呈しているが，頂部ではこれが直線的に著しく発達して底層と略平行し，その両端は稍突出している。下部は狭小となり，下端は底層に平たく拡がつている附着盤に連らなる。嚢の高さ0.80mm，巾0.88mm，厚さ0.62mm，頂部の龍骨部の高さ0.1mm，附着盤の遊離縁の巾は0.2～0.3mmである。この卵嚢を形成している外側嚢の内部には直径0.60mm×0.40mm位の略球状を呈した極く薄

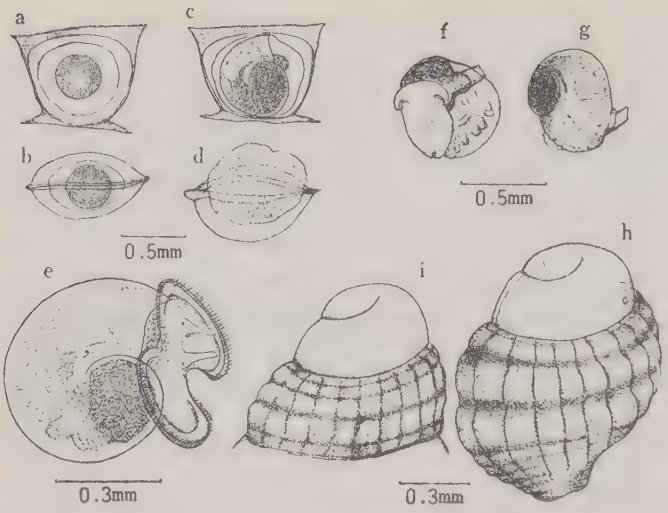


Fig. 2. *Nassarius livescens* (PHILIPPI)

a, b, Lateral and apical aspects of a single egg-capsule containing one unsegmented ovum;
c, lateral aspect of egg-capsule, with a large embryo ready to hatch;
d, fissure from which the larva already emerged, inner capsule remaining at top of egg-capsule;
e, larva ready to hatch, 0.59mm across;
f, g, hatched larvae, 4 days old, attaining to metamorphic stage, 0.62mm across;
h, hatched larval shell, 46 days old, 1.10mm height and 0.87mm across;
i, apex of adult shell.

い膜（内側嚢）が存在し，この中には粘稠液と共に1個の卵が包含されている。内外両側嚢の間には稍粘稠性の強いゼラチン様物質が存在する。未だ分割していない卵は直径0.32mmで黄褐色を呈する。この卵嚢の形は猪野[7]が観察したムシロガイの卵嚢と正しく一致する。卵嚢には他の *Nassarius* と異つて，その頂部のみならず何れの箇所にも特別に用意された幼生孵出口は見当らない。

幼生：　卵嚢内の卵は水温 27°C 前后では7～10日間で孵化する。孵化時の幼生の大きさは殻の直径0.55～0.60mm，1½殻階である。孵化に当つては，発達した被面子が内側嚢に包まれたまま緩やかに廻転し乍ら次第に頂部に近づく。やがて頂部の龍骨部分のところが左右に裂けて被面子は内側嚢と共に外部の水中に半分位出る。この時被面子は面盤を激しく振動させて内側嚢を破り外側嚢の裂口部にこれを残して水中に泳ぎ出る。幼生は孵化当時既に足部は発達していて卵嚢を離れると暫く水底を匍匐する場合もあるが，多くは面盤を拡げて緩やかに游泳運動を続ける。この時期の幼生は，アラムシロと同様に，その外唇部が嘴状に突出し水管溝は短くて広い。殻色は前種より濃い黄褐色であるが，水管溝及びその附近は可成り濃い茶色を帯びている。面盤上の2本の触角，両眼，並びに足の基部に認められる2つの平衡胞の状態は前種に頗る類似し，翼状に拡がる前足部の形状も又同様である。然し内臓部の色彩は前種より薄く，成長するに伴い肝臓は黄褐色から次第に淡黒褐色に変化する。前后に稍長く拡がつている両側の面盤は，周縁中央が幾分縊れて4葉形を呈し2重の繊毛列を具備しているがその周縁の色素帯は認められない。

孵化后の幼生は早いもので2，3日后，普通一週間后には面盤を失つて完全に匍匐生活に移る。その時の大きさは殻径0.64mm（殻高も略同長）前后，約2殻階で，体層中央には鈍い1条の蟶助が認められる。底棲生活に移つてから後に生ずる貝殻部の色は急に濃い茶色を帯びて来る。前足部の上方には比較的長い触角が突出し，その基部は幾分膨れていてそこに明瞭な眼が存在する。水管溝からは灰色の長い水管を上方に伸ばして極めて活潑に運動し，成体同様，砂中に浅く潜入したり或は砂上を匍匐する場合もある。匍匐しつつある幼生を観察すると，前

種と異なり足部後端は中央に切れ込みがあつて2叉した舌状を呈し，波部[5]が記載した本種の成貝の特徴と一致する。成貝の胎殻は前種に比較して大きく，孵化幼生の殻とはその色彩，形状に一致している。孵化后2週間を経過した幼生は殻高，殻径共に約0.8mmの大きさとなり，既に鈍い数条の縦助が歯車状に出現し，これ等を横切る数本の溝状螺線が認められ，成長するに伴いその数は増加する。孵化后46日間飼育した幼生は殻高1.10mm，殻径0.87mmの大きさに達した。

これ等の稚貝には共喰現象がみられるがヨーロツパ産の *Nassarius* [8]で報告されていると同様，底層に沈降している稚小な二枚貝を襲い，その腹縁から歯舌を挿入して内肉を補食するのが観られた。

考　　察

イ．卵　嚢

従来記載されていた欧洲産 Nassariidae の卵嚢の型は何れも稍平たい小嚢型乃至フラスコ型類似のものであつた。然し乍ら，本研究で判明した邦産2種の卵嚢は，甚だ特異な形態を呈している。Nassariidae の卵嚢は何れも基底に存在する附着盤によつて他物に密着しているのであるが，龍骨線に平行する側面から見た附着状態には，種々の型が認められる。即ち，卵及び粘胸液を包んでいる卵嚢の本体が，附着面に対し殆んど直立しているもの，斜傾しているもの及び全く横倒しの状態にあるもの等があり，更にこの様に相異する夫々の型の間に於いては，孵出口及びこれを挟んで存在する龍骨部も夫々変化しているのが認められる。以上の様にNassariidae の卵嚢型は3型に分けることが出来る(第3図)。これ等を比較考察すれば次の通りである。

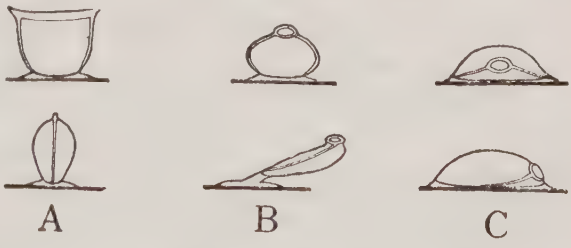


Fig. 3. Three types of egg-capsule attached to substratum in Nassariidae.
A, Perpendicular type——*Nassarius livescens*; B, slanting type——*Nassarius reticulata, N. pygmaea etc.* (described by LEBOUR and THORSON); C, downcast type——*Tritia festivus.*

A．直立型：　本論文に示したムシロガイは此の型に属し，龍骨は卵嚢頂部に於いて直線的に著しく発達し，その両端から附着盤迄続く側面の部分は余り顕著でない。この龍骨線は附着面に対して垂直状態を示す。卵嚢には特別に形成された孵出口はなく，頂部の龍骨部が左右に裂け，そこから幼生が脱出する。龍骨に対する左右の嚢壁の膨らみは略等しい。

B．斜傾型：　LEBOUR, THORSON 並びに MAC GINITIE によつて記された図から判断して *Nassarius reticulata, N. incrassatus, N. pygmaea, Alectrion fossatus* 等はこの型に属するものと考える。これ等の卵嚢は頂部の水平部分が殆んど認められず，龍骨全体はアーチ状に彎曲し，卵嚢頂部が狭小となり，僅かに突出して孵出口を形成している。龍骨線に対する左右の膨らみは幾分不同となる。龍骨はAに対し発達が劣り，附着面に対し垂直的でなく屈折斜傾している。然し下側になつている卵嚢側壁は附着面に接せず完全に離れている。

C．横倒型：　この型の例としてはここに示したアラムシロがあり，卵嚢の一方の側壁は完

全に底面に附着し，従つて孵出口は側方に開口する。孵出口を挟む左右の龍骨は前二者に比し著しく発達が悪いがその存在は確かに認められ，附着盤の遊離縁近始んど底面と平行し，卵嚢を上面から見る時これ等の龍骨は半円周状を呈している。即ち卵嚢の外観は凸レンズ型で，A，B両型とは著しく異なつた形をしている。

上述の様に Nassariidae の卵嚢はAからC迄順次に変化して行く状態が認められるが各型に属する卵嚢と，夫々が産着けられている物との関係を述べれば次の通りである。

Aでは干出しない稍深みの場所に存在する比較的大きく固い安定した貝殻，硝子鰻等の物体に主として産着けられているが，Bでは干潮線附近にもみられる *Hydroid*, *Bryozoa*, *Zostera* の葉等に産着けられる。Cに至つては附着物は甚だ多様であり干潮線附近に散在する各種の砂茶碗，小さい殻片，*Zostera* の葉上，更には同種の生貝の殻表等の様に容易に動揺し或は附着物自体が移動する不安定な箇所に産着けられている。この様に，Nassariidae の卵嚢に於いては，それ等が産出されている箇所の多くが不安定で変動し易い性質を帯びてくるに従い，卵嚢の相対的な高さが低くなり，同時に附着面も広くなつている。即ち外囲から受ける抵抗を軽減している傾向がある様に見受けられる。

最近 Nassariidae の分類に関して検討が加えられ[11]，歯舌，軟体部等の相異に基づき，*Nassarius* の中から新たに *Tritia* を独立の属として取扱う様に提称されているが，新しい分類による両属に含められる夫々の種類の間には本研究によつて明らかな様に卵嚢及び幼生の形態等に於いても明瞭な差異のあることを立証することが出来る。

ロ．幼　生

卵嚢の中で発育する幼胚は，A型に属する種類では只1個で大きく，充分に発育してから孵化し，極めて短時日の游泳期を経過した后に変態する。これに対し，B，C両型に属する種類では，卵数は数十個を数え，卵径も比較的小さく，発育初期に孵化して長期間游泳生活を続ける。従つて Nassariidae に於いて，B，C 両型はA型に比べて卵が産出されている場所のみならず，卵嚢自体が附着している物体も不安定である点も，幼生が早期に孵出する事実との関連が考えられ，GIGLIOLI [1] 及び筆者 [1] が Naticidae で卵塊の産出場所と幼生孵出の問題に関して述べていることと軌を一にする。

最近 THORSON [12] は前鰓類の中90種に就いて，孵化幼生が Pelagic type のものであるか否かを卵径と対比してみた結果，卵径0.15～0.22mmの範囲では Non-pelagic type の種類と Pelagic type に属するものとが混在しているが，この範囲より大きい卵をもつ種類では孵化する幼生は Non-pelagic type であり，小さい卵をもつ種類では Pelagic type であることを示している。我が国で記載されているバイ [6]（卵径約0.5mm），ツメタガイ [1]（卵径0.27mm）等では，孵化する時の幼生は Pelagic type に属し本研究に於けるムシロガイ（卵径0.32mm）でも同様である。即ち，卵産種では両型も混在している範囲が著しく広がつている様に考えられるので，この点に関しては今後の研究に俟ち度い。

幼生の習性に関しては，游泳期の幼生はここに述べた両種共顕著な正の趨光性が認められ，飼育水槽の換水に際して光線を利用して幼生を局所に集める事が出来るので甚だ好都合である。又，変態后のムシロガイでは，底層に沈降している稚小な二枚貝を食つて育つが，この現象は Muricidae や Naticidae の一部の種類が二枚貝に穿孔して食害する様な明らかな食害の状態は握めないが，稚小な種苗を食害する恐れは充分あり，貝類の増殖上影響を与えるものと考える。

摘　　要

1）アラムシロ及びムシロガイの卵嚢並びに孵化幼生が変態期に達する迄の諸点について研究した。

2）従来報告されている Nassariidae の卵嚢と本論文に記載した2種の卵嚢を比較した結果，本科の卵嚢に於いては附着面に対して直立状に附着しているもの（A），傾斜しているもの（B）及び横倒状態で附着しているもの（C）の3型が認められた。

3）以上の3型の間に於いてはA型からC型になるに従つてそれ等の附着している物体は，多くは不安定な変動し易い性質を帯びてくる。この傾向に対応して卵嚢は次第に横臥する傾向があり，又その附着面も相対的に広くなつている。

4）従つて，A型からC型に変化している事は，卵嚢が外囲から受ける抵抗を軽減し，同時に附着面を増す点に於いて意義があるものと推測した。

5）ムシロガイでは卵嚢中の卵数は1個で大きく(直径0.32mm)，孵化后1週間内に変態期に達するが，アラムシロでは卵数は40個内外で小さく（直径0.17mm)，孵化后4～5週間の游泳期を経過して変態期に達する。

6）孵化幼生には両種とも顕著な正の趨光性が認められ，孵化当初の発育状態並びに游泳期間に可成り差があるが，変態期に達した殻の大きさは殻高約0.65mmで略等しい。

7）ムシロガイでは変態后共喰するのみならず稚小な二枚貝をも食害するので，これは貝類の増殖上注意を要する事と考える。

参 考 文 献

1）網尾　勝：1955. 邦産玉貝科7種の卵塊及び孵化幼生に就いて，水産講習所報告，5 (2)，pp.137～158.

2）COOKE,G.H.：1895. Mollusca, Cambridge Natural History, pp.1～295.

3）朝鮮總督府水産試験場：1939. 養殖並生物調査第9輯 朝鮮總督府水産試験場年報 9 (3),pp.1～72.

4）GIGLIOLI, M.E.C.：1955. The egg masses of the Naticidae(Gastropoda). Jour. Fish. Res. Board of Canada, **12** (2)，pp.287～327.

5）波部忠重：1954. 貝の顔と足，夢蛤，**77**,pp.8～10.

6）猪野　峻：1950. バイ (*Babylonia japonica* Reeve) の生活史及びその増殖方法，水産動物の研究，1，pp.11～24.

7）————：1950. ムシロガイの産卵，夢蛤，**39**,pp.60～61

8）LEBOUR, V.M.：1931. The larval stage of *Nassarius reticulatus* and *Nasvrius incrassatus*. Jour. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom, **17** 3,pp.797～817.

9）————：1937. The eggs and larvae of the British Prosobranchs with special reference to those living in the plankton. Ibid., **22**,pp.105～166.

10）MAC GINITIE, G.E.：1931. The egg-laying process of the Gastropod *Alectrion fossatus* Gould. Ann. Mag. Nat. Hist. Ser., **10** (8) pp.258～261.

11）大山　桂：1955. *Nassarius* オリイレヨフバイ属の検討（1），夢蛤，**79**,pp.3－6.

12）THORSON, G.：1946. Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. Mdd. Komm. Danm. Fisk. og Havunders. Ser. Plankton, **4** (1)，pp.1

～523.

13) ———: 1951. Zur jetzigen Lage der marinen Bodentier-Ökologie Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft in Wilhelmshaven, **34**.

ハモの精巣における生殖細胞の季節的変化※

西　川　昇　平

Histological Observation on the Spermatogenetic Cycle of a Conger eel, *Muraenesox cinereus* (Forskål)

By

Shyohei NISHIKAWA

Seasonal spermatogenetic cycle was observed in the testis of a conger eel, *Muraenesox cinereus* (Forskål). The material used was obtained in the East China and the Yellow Sea.

It was found that the breeding season continued from April to July. After the extrusion of spermatozoa, the residual spermatogonial cells were found in the seminal tubles. Maturation division was taken place during a period from October to November. Spermioteleosis continued through January and April.

緒　　言

海産魚類の生殖細胞の季節的変化及び精子形成過程を顕微鏡的に詳細に観察したものは，山本 (1953) がクロガレイ *Liopsetta obscura* (Herzenstein) で報告した外，見られない様である。著者は此問題をハモ *Muraenesox cinereus* (Forskål) に就いて検査したが，入手した標本は固定迄の時間，固定液の選定に幾分欠ける点があつた為，充分に初期の目的を達成する事が出来なかつたが，組織学的検査には大した支障がなかつたと思われるので，その観察の大要を報告する。

供試材料は東海，黄海産の前記のハモを西海区水産研究所福岡試験地で1951年より1952年の2年間，毎月1～2回採集し，10%ホルマリン液及びブアン液で固定したものである。パラフィン法により8～10μの切片とし，ハイデンハイン氏鉄ヘマトキシリン染色及びデラフイールド氏ヘマトキシリン・エオシンの二重染色を施して観察した。

本文に入るに先立ち本研究の御指導及ご原稿の御校閲を賜つた本所教授松井魁博士に深甚の謝意を表する。供試材料を提供された農林省西海区水産研究所福岡試験地大滝英夫技官，並びに種々有益な御助言を与えられた本所田名臨海実験実習場高井徹助教授に謝意を表する。

※ 水産講習所研究業績 第201号

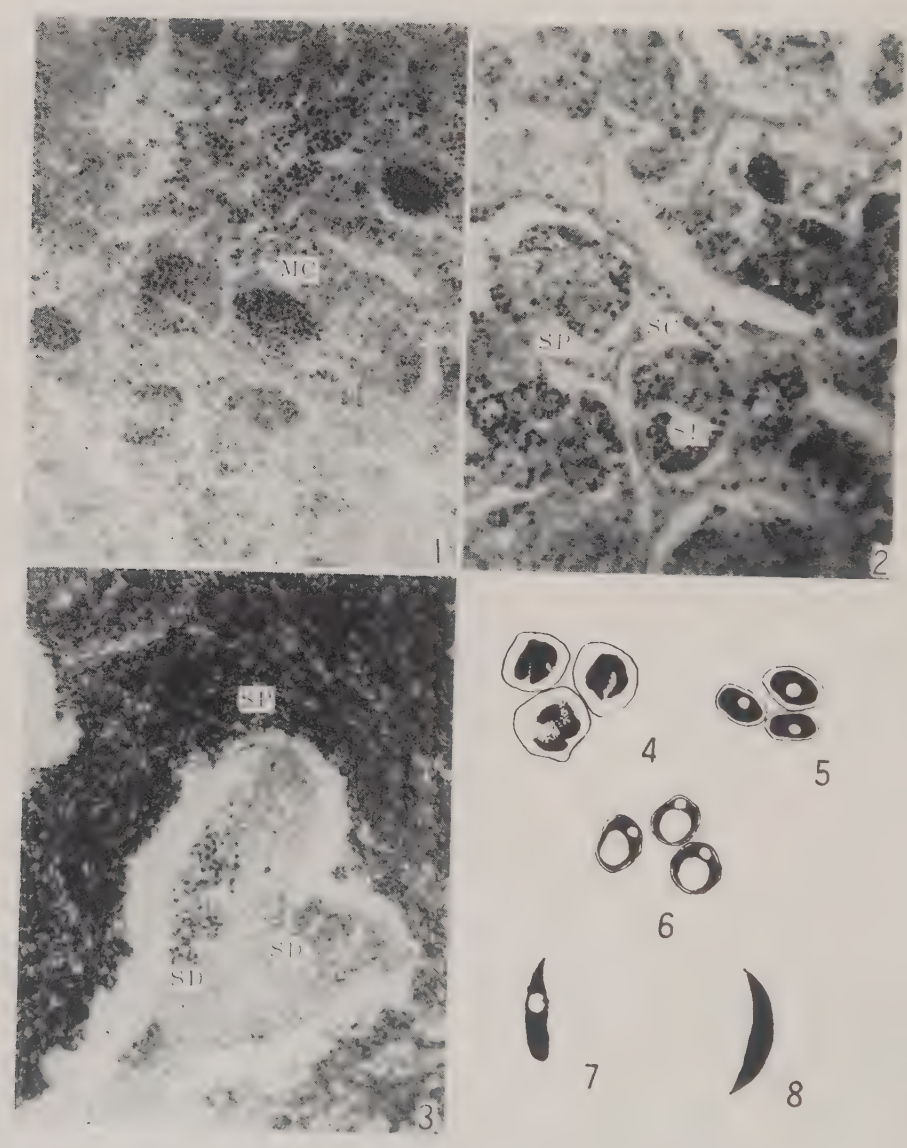


Fig. 1. A part of testis obtained in late June.
Fig. 2. The same in early December.
Fig. 3. The same in late February.
Fig. 4—7. Nuclei of spermatids.
Fig. 8. Head of aspermatozoon.

MC; residual spermatogonia.
SC; spermatocytes.
Sd; spermatids.
SP; spermatozoa.
1—3, X450. 4—8, X2700.

観察結果

大滝等（1953）はハモの資源学的研究を行い，本種の産卵期は4月頃より始り，7月下旬から8月上旬に終了することを明らかにした。

6月上旬から中旬に採集した或る個体の精巣では，すべての細精管腔は精子が充満しているが，或るものでは精子は僅に残存し，精子が充満している時には不明瞭である細精管壁が明瞭に認められ，その管壁に沿つて次年度の精子の起源となる精原細胞が認められる。それらの細胞の形態は小形で，染色質に富み，少量の不定形の細胞質を有するが，分裂像は見られない。精子の放出が進行するに従い，その数を増加し，それら細胞は一定数をもつて cyst を形成する。成長期を経て幾分大形となつた細胞は遂に細精管腔に充満する様になる（Fig. 1）。此期間中細精管腔には残留精子群が認められるが，その運命については不明である。此様な状態は9月中を通じて続いてみられ，此の時期の細精管腔には大きさの種々異る，即ち熟度の異る細胞を有するが，同一 cyst 内に含まれる細胞の大きさは略等大である。

9月下旬から11月上旬にかけて後期の精原細胞の増殖が行われ，急速に精母細胞が形成されると思われるが，此間の適当な標本が得られないので観察する事が出来なかつた。然し12月上旬の材料の中，成熟の速い個体においては少量の spermatid 及び精子が観察される事からこの推察は肯定出来ると考えられる（Fig. 2）。

1月に入ると成熟分裂が引続き起り，精子形成が行われるが，何れの個体においても，その盛期は2～3月である。従つて成熟分裂から精子が完成する期間は比較的短い様である。

精子形成が進行すると，精子細胞の核は透明であつたものが，次第にヘマトキシリンに濃染する様になると同時に，核の形態は先ず小形となり，次第に紡錘形となるが，その中央部に円形のヘマトキシリンに不染性の透明部を有する様になる。然しその部分は核が細胞の1側に偏在し，三日月形になる迄存在するが，精子が完成すると同時に消失し，完全にヘマトキシリンに濃染する様になる（Fig. 4～8）。

完成された精子の頭部は比較的大形の三日月形を呈するが，ここに用いた材料の切片では中片及び尾部は充分に観察できなかつた。

3月から4月にかけても，或る個体の細精管腔には精子形成が行われ，又或るものには成熟分裂が認められるが，殆んどの個体の細精管腔は精子を充満している。然し両棲類（北田. 1952）や *Umbra*（FOLEY. 1926）で見られる様に頭部を一定方向に向けることなく，メダカ（西川. 1956）に見られたと同様に全く任意の方向を取つている（Fig. 3）。

考察

以上の事実からはハモの様に個体変異の大きい精巣の季節的変化を正確に判定する事は出来ないが，大体において生殖細胞の活動に明かな季節的変化が認められる。即ち，7月下旬頃迄に精子の放出を終了し，残存した精原細胞が増殖して数を増加すると共に，細胞自体も幾分大形となる。10～11月頃に成熟分裂が行われ，12月に入ると少数の個体に精子の形成が見られるが，殆んどの個体は1月以降から4月にかけてこれを行う。

次期の精子の起源となる精原細胞の由来については興味ある問題であるが，本種については，それを追求する事が出来なかつたが，その形態，cyst を形成して居る事及び分裂像が見られ

ない事等から山本（1953）がクロガレイで報告したと同様に移動するものと考える方が妥当と思われる。精巣の成熟様式は大体において *Fundulus*（MATTHEWS. 1939）やメダカの様に各種生殖細胞が殆んど周年認められるという様な事はなく，むしろ *Umbra* やクロガレイの状態に近い事から *Umbra*-type に属すると考えられる。

摘　　要

ハモ *Muraenesox cinereus*（Forskål）の精巣内における生殖細胞の季節的変化を組織学的に検査した。

1．精子の放出が完了する頃より次期の小形の移動性の精原細胞が出現する。
2．10～11月にかけ成熟分裂が引続き行われるものと考える。
3．精子は1～4月の間に形成される。
4．精子の形態は三日月形を呈し，比較的大形である。
5．ハモの精巣の熟様式は *Umbra*-type に属する。

文　　献

1）FOLEY, J. O.：1926. The Spermatofenesis of *Umbra limi* with special reference to the behavior of the spermatogonial chromosome and the first maturation. Biol. Bull., **50**.
2）GEISER, S. W.：1924. Sex-ratios and spermatogenesis in the top-minow *Gambusia hlbrooki* Grd. Biol. Bull., **47**（3），175～211.
3）KATAYAMA, M.：1937. On the spermatogenesis of the teleost, *Oryzias latipes*（T. & S.）. Bull. Jap. Soc. Scie. Fish., **5**（5）. 277～278.
4）北田　仁一：1952. エゾアカガエル *Rana temporaria*，の成体雄における生殖細胞の季節的変化，特に残留精原細胞について．遺伝雑，**27**（3～4），113～116.
5）MATTHEWS, S. A.：1939. The Seasonal cycle in the gonad of *Fundulus*. Biol. Bull., **75**（1），66～74.
6）西川　昇平：1956. メダカの精巣における生殖細胞の季節的変化．動雑，**65**（5），203～206.
7）TUNER, C. L.：1919. The seasonal cycle in the spermary of the perch. Jour. Morph., **32**.
8）VAUPEL, J.：1929. The Spermatogenesis of *Lebistes reticulatus*. Jour. Morph. Physiol., **47**（2），555～574.
9）山本喜一郎：1952. 成熟度に関する研究．北海道区底魚資源研究集団.
10）山本喜一郎：1953. 海産魚類の成熟度に関する研究，1．クロガレイの精巣の季節循環的．北海道区水産研究所研究報告，**8**．52～62.

巾着網の形状に関する研究—I.

巾着網の網端縮結の変化に依る形状変化について※

千種正則・片岡昭吉・角田精一・高瀬増男・広瀬　誠

Studies on the Configuration of Purse Seine — I. On the Variations of the Configuration due to the Shrinkage at the Wing Sides of the Purse Seine

By

Masanori CHIGUSA, Akiyoshi KATAOKA, Seiichi TSUNODA, Masuo TAKASE and Makoto HIROSE.

We compared the configuration of a model net with that of its plan with the purpose of obtaining the basis for designing the purse seine.

Experiments were carried out by using small models of the purse seine both on the land and in the sea.

1) The plan of the model net is shown in Fig. 1 and that of small purse seine in Fig. 2.

2) If there is no shrinkage at both wing sides, the actual configuration of the small purse seine is identical with that shown in the plan.

3) If the shrinkage is 20%, the lower strip of the wing has a slight inclination towards the wing sides (skiff end and hall end).

4) If the shrinkage is 30%, slackening begins to be formed in the lower strip at the end of the net.

5) When the shrinkage is 40%, the lead line makes a perfect arc.

6) When the shrinkage is more than 50%, the above-mentioned trend (5) increases more and more, the lower strip of the wing has a more inclination towards the end of the net and its capacity decreases.

緒　　言

現在，我が国で使用されて居る主要な網漁具の内，底曳網，定置網，刺網等は，今迄，模型網に依る水槽実験等も行われて，網の構成に関しては数多くの研究が発表されて居る。然るに，巾着網に関しては，その規模が非常に大きいため，実際の観測も困難であり，又水槽実験を行うのも簡易でない。我が国に於ける巾着網（改良揚繰網を含む）の設計は，従来よりの慣習及び使用者の経験に依り，設計されるのが普通で，その基礎となる理論的な考察は殆んど行

※ 水産講習所研究業績　第210号

われていない実状である。

一般に，巾着網の操業は，極めて短時間に投網され，その後直ちに捲き締めが開始され，揚網されるので，刻々の変化が非常に激しく，且つ，漁具の規模が非常に大きいため風潮に依る影響も大きく，魚群が逃逸したり，漁具に故障を生じたりする場合も少くない。我々は，操業に当つて，網の水中に於ける形状を詳細に観測しその実態を把握して，操業方法及び，漁具の改良を行い，経営の合理化・漁獲能率の向上を計らんとするもので，先づ第一段階として，網の両端の縮結の変化に依つて，網の形状が如何に変化するかを観察した。

実　験　方　法

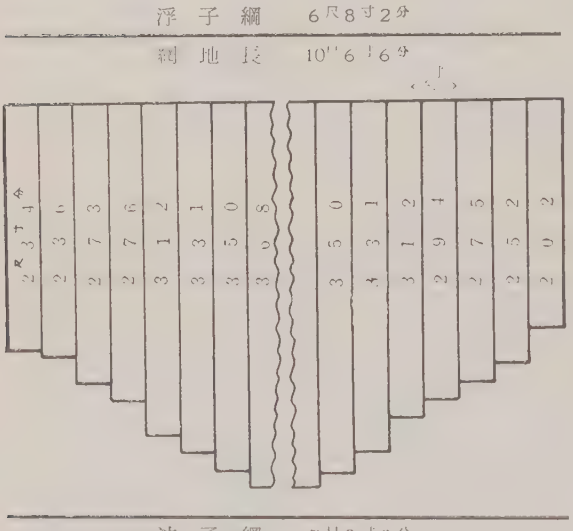


Fig. 1. Diagram of Model Net.

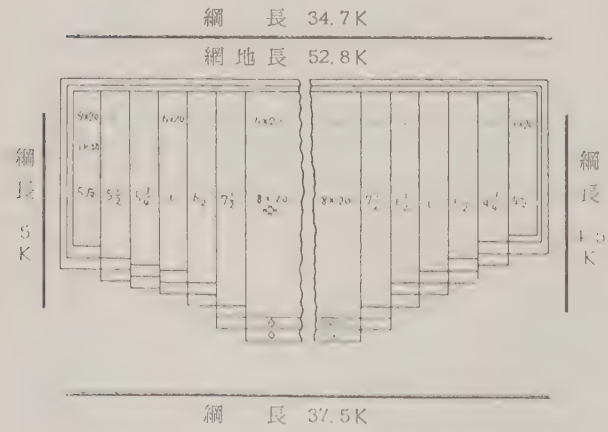


Fig. 2. Diagram of small purse seine.

実験方法として，先づ，第1図の配置図により実物の約1/150の模型網を作り，空中に於いて，一般的形状を観察し，更に，第2図の如き小型巾着網（実際使用されている小型巾着網より稍々小さい）を作製して，陸上実験と水中実験の二段階に分け，両網端の縮結を変化させて，網の形状が如何に変化するかを観察した。

本文中使用される単位は総て，漁業上用いられる間（Ken）及び町（Machi）である。

1間＝曲尺5尺＝1,515米

模型網実験

模型網の作製に当つては，空中に於ける形状観察のみを行う目的で，綿糸20#4本40節の網地を用いて作製し，円形に投網された場合の一般的形状を観察した。

陸上実験（小型実験網）

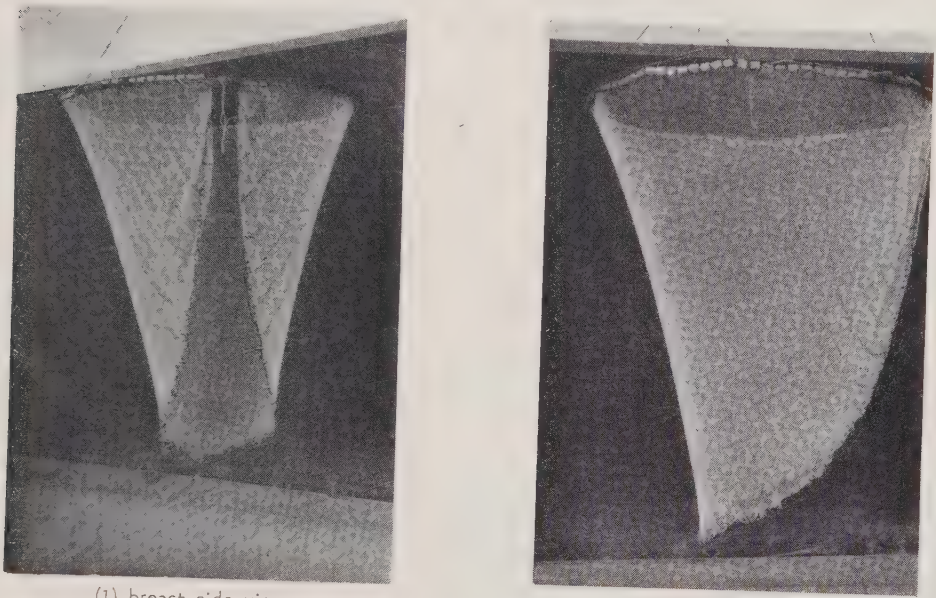
陸上実験に於いては，網が長大であるので，本船付14町について，網端の縮結を，0，2，3，4，5割に変化せしめて，網の形状変化を調べた。

水中実験（小型実験網）

実験網の両網端を陸上実験の結果より見て網地にたるみを生ずる限界であると思われる4割縮結として，小型漁艇で実際操業と同様に，海中に投網し，アクアラングを使用し，水中に於ける形状を観

察すると共に，重要個所を水中カメラで撮影した　水中実験は，風潮の影響の少い吉見湾内に於いて実施し，特に風潮の微弱な日を選んだ。

実　験　結　果



(1) breast side view.　　(2) Side view.

Fig. 3. Model net

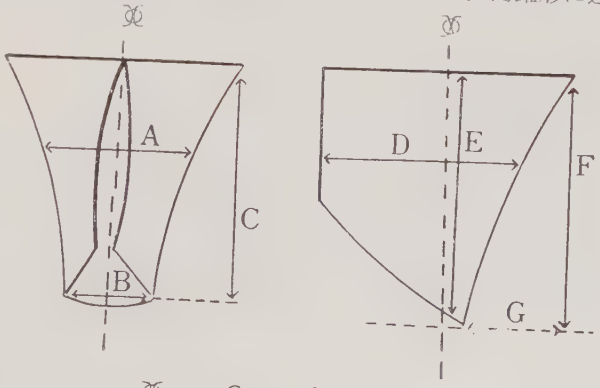
模型網の場合

第3図の如く，円形に投網した状態において観察したが，網裾の描く円は浮子綱の長さを円周とする円より遙かに小さい　（この模型網の場合は約½の円にしかならない）沈子綱は，一直線とはならず，懸垂線状の曲線となり，網裾中央部の深さは，設計上3.68尺であるが，測定の結果は2.68尺であつた

更に，この状態に於いては，一般に想像されて居つた円筒形の状態にはならず，円錐形に近い状態を示している。

両網端の縮結の変化に依る各部の形状変化は，第4図及び第1表の如くであるが，網裾は両網端の縮結が多くなる程囲繞圏の中央部へ移動し，且つ中央部の深さは，縮結の多い程浅くなり，沈子綱の位置も内側へ移行する。

包囲容積は，浮子綱の長さを底面の周とする円錐の容積よりも稍々大きく，両網端の縮結がない場合が最大で，縮結が多くなる程，



⊗ …… Center of seine

Fig. 4. Part length of model net.

Table 1. Part length of model net.

※	A	B	C	D	E	F	G
10%	1.22	9.2	2.38	1.52	2.38	2.68	5.0
30%	1.19	9.4	2.09	1.5	2.13	2.58	5.5
50%	1.17	9.8	2.06	1.5	2.08	2.56	5.7

※ Shrinkage of breast.
unit : A, C, D, E, F …… Shaku
B, G, …… Sun

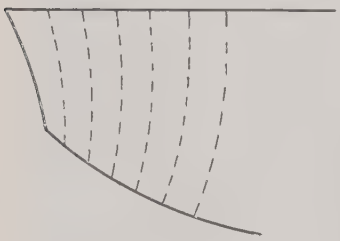


Fig. 5. Shrinkage 20%.

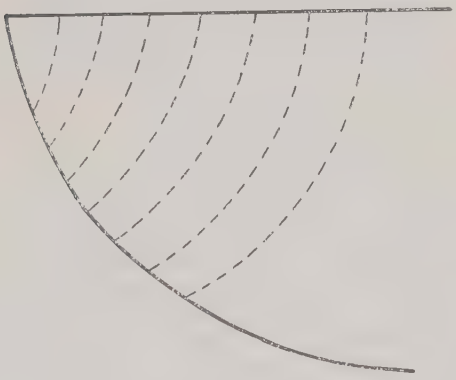


Fig. 6. Shrinkage above 30%.

その容積は小さくなる。

小型実験網の場合

先づ，垂下状態に於ける形状は，同一の縮結の場合は，陸上・水中共に殆んど相違を認めず，略々同様の形状である。

両網端の縮結を変化させた場合

1. 縮結がない場合

網の形状は，網地配置図と略々同様の形状となり，沈子綱は深さの等しい中央部を除き両袖部は，懸垂線状の形となる。

2. 縮結 2 割の場合

網端が稍々上方へ引吊つているが，大体の形状は網地配置図に近い形状となる。即ち，第 5 図の如く網端の底部（縁綱と沈子綱との結合部）に一応のかどが生じ，各町毎の縫合せの線は網端の方へ稍々彎曲を示し，網地のたるみは殆んどなく，網としての欠点は認められないが，吹き出し部の形成は困難かと思われる。

3. 縮結 3 割の場合

第 6 図の如く，縁綱と沈子綱との結合部にかどがなく，一連の弧状となり，網端の底部に網地のたるみが出来始める。各町毎の縫合せの線は一層彎曲し，第 1 町を除いた各町の網地は緊張して網目が長細くなり，且つ網地のたるみは，ひだ状をなしている。

4. 縮結 4 割の場合

縁綱と沈子綱が完全な一連の弧状となり，第 3 ～ 4 町の縫合せ迄は，略々一直線に沈下しているが，網地は斜めに緊張し網目がいびつになつていて，網裾の傾斜は中央部の深さの等しい町迄は影響を与えていない。

5. 縮結 5 割以上の場合

縮結を 5 割以上にすると，網裾の傾斜は，[illegible]，深さの等しい中央部の町を次第に左右の網裾に影響され，傾斜して行く様である。各町の縫合せの線は，網端の方への彎曲した傾斜がひどくなつて行き，網目がひどく不均整になると共に，第 3 ～ 4 町迄は，殆んど網端の沈降線上にあり，[illegible]網端に網地のたるみが[illegible]する等の欠点が認められた。

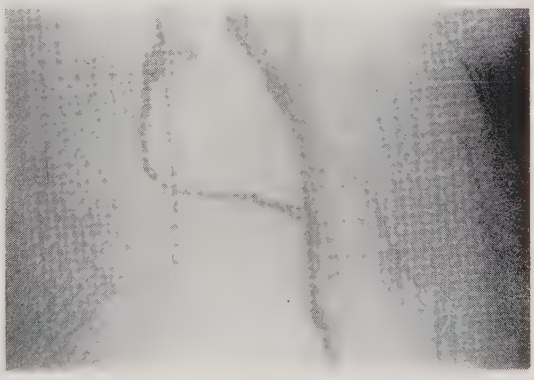
網 端 の 形 状

網端を縮結する為に生ずる網の形状

網端の縮結が3割以下の場合には，第5図の如く，縁綱と沈子綱とは，一連の孤状とはならず，かどが明瞭に認められる。網地の各町は，略々真直に垂れ下つて居り，縮結に依る網地のたるみは網端に僅かに生じて居る。其の他の形状は，縮結のない場合と同様である。

網端の縮結を5割にすると，第6図の如く縁綱と沈子綱とは連続した一連の孤状となり，且つ，各町は，沈子方（網裾）に近づくに従い網端の方向に斜めに引張られ，各町には縮結に依る網地のたるみは全然見られず，網端の1町にのみ極端なたるみが生ずる。之は，縮結が多いために沈子方（網裾）が極端に網端の方（斜め上方）に引張られるために起つた現象で，縮結を5割以上にして行くと，この傾向が増々ひどくなつて行くばかりである。若し，網端の縮結がその割合に於いて，中央部の方に平均に及ぶものとすれば，各町は略々真直に垂下し，縮結に対する網地のたるみが生ずる筈である。

実験の結果から見れば，網端の縮結は，網端側の第1町のみに網地のたるみを生ぜしめ，第2町目より中央部方向への各町に対しては，網地に斜めの張力を与え，無理を生ぜしめるだけで，縮結に依る効果（網地にたるみを持たせ，投網した際に適当なふくらみを生ぜしめる）はない。従つて，所謂る吹き出し部（一般漁業者は之を肘という）に於ける中央部附近（深さの中央部附近）の網地には，ふくらみを生じない。但し，上記のふくらみは縮結に依り生ずべきふくらみを意味し環綿の際に依る沈子方（網裾）の吹き上りに依り生ずるふくらみの意味ではない。



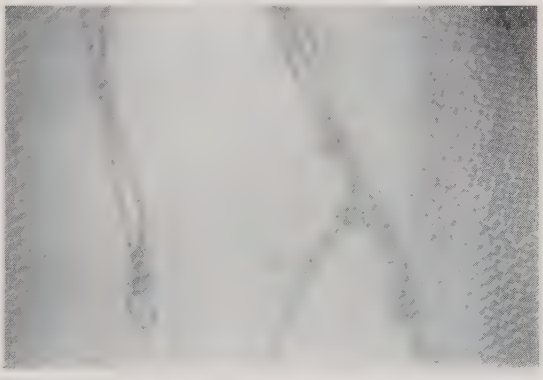


Fig. 7. (A) Showing the lower wing under water.

投網した際の全般の形状

網を円形に投網した直後に於いては，1/150の模型網と略々同様の形状を認めることが出来た。

即ち，沈子方網裾は，浮子綱長を円周とした円より，遙かに内側の方にあり，包囲容積を著しく減じている。又，両網端の吹き出し部は認めることが出来ず，第7図の如く，縁綱近くに多くのひだ状のたるみが出来て居り，網裾の方に於ては，この“しわ”が環締に際して環締綱に捲きついて環喰の一原因ともなるのではないかと思われる。

更に，投網後浮子綱側は，次第にその円周を縮少して，沈子綱の上方へ移動し，この巾着網に於ては，10分～15分前位経過すると，浮子方がこれより，内方にある沈子方に引張られて，殆んど円の形状を失い，浮子方は1カ所に

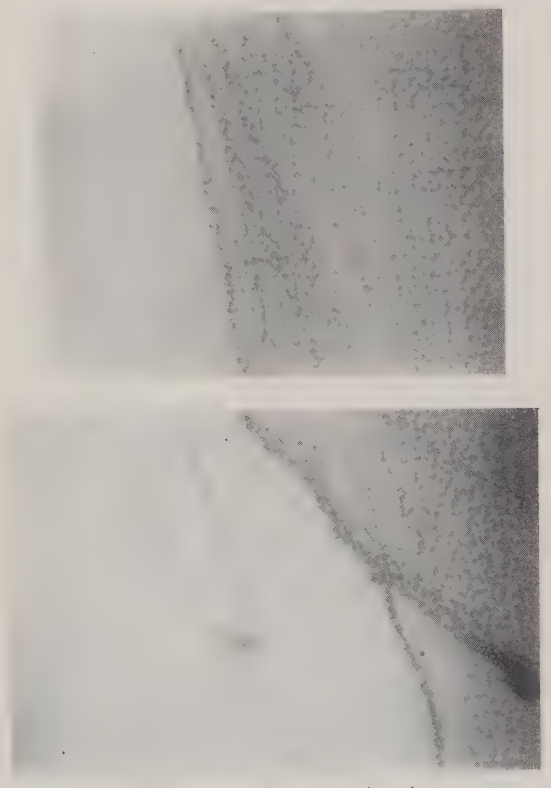


Fig. 7. (B) Showing the net end under water.

集つてしまう。

結　　論

I〕　網端の長さ

（1）　網地を現在の設計通りに使用するならば，4割以上の縮結は，網の形状を極端に変化せしめ．投網後の網の形状は，円錐形に近くなり，網の包囲容積を減ずることになるから不可である。

（2）　若し，両網端に4割以上の縮結を入れる必要があれば，（現在漁業者の使用している網も，相当多くの網が4割以上の縮結があり，極端な長崎の鰮巾着網の如きは9割も縮結してある。その理由は前記の吹き出し部を作るのが目的であると思われる。）現在使用している網の構造よりも，両端近くの各町々の網裾に三角網地を用いる方が適当であると思われる。

此のように，網地を配置すれば，網地の節約にもなり，経営上経費の節減が出来有利であろう。

II〕　吹き出し部の構成

現在使用されている網の設計では，完全なる吹き出し部の構成は不可能である。この網に於て，不充分でも吹き出し部を形成させるためには，両網端の縮結を4割程度とするのが最も理想的であると思われ，これ以上の縮結を行つても，唯単に，網地を網端に於てたるませ，網丈けを浅くし，更に，環喰等，網の故障を生ぜしめる原因となる。吹き出し部を形成させるためには，網端を縮結するばかりでなく，更に両網端より5～6町目位に於て，網丈けを縮結することが出来れば，理想的な吹き出し部が形成されると思われる。然しながら，このためには縮結する部分の補強或は，此の部分の沈子方迄の網丈けの問題等が必然的に生じて来る。

我々は，今後も引き続き，環喰の問題，吹き出し部構成の問題等について研究を行つて行く予定である

終りに臨み，御指導を賜つた豊田正謙教授及び種々御助言を賜つた，山口県鯖巾着組合員各位，又実験に際して直接御協力を賜つた板村貞夫，藤原市松氏及び漁業学科学生諸君に深甚なる謝意を表する。

参　考　文　献

長崎水産[illegible]：1939．[illegible]．長崎水産[illegible]
宮本　秀明：1956．漁具漁法学（網漁具篇）．金原出版株式会社．
田中　秀昭：1956．イワシ巾着網仕立の改良．水産庁調査研究部．
GARTHI, Murphy and Edwin L. NISKA : 1953. Experimental Tuna purse seining in the Central Pacific. Commercial Fisheries Reiew, **15** (4).

北インド洋中部のマグロ漁場の海況ならびにプランクトンについて※, 1)

千葉卓夫・佐藤猛郎・鶴田新生・平野　修・田川昭治

Oceanographical and Planktological Studies of the Tuna-Fishing Grounds in the Middle Part of the North Indian Ocean

By

Takuo CHIBA, Takerow SATOW, Arao TSURUTA
Osamu HIRANO and Shozi TAGAWA

The training vessel "SHUNKOTSU-MARU" carried out oceanographical and planktological observations at the tuna-fishing grounds in the Indian Ocean from December 1954 to January 1955.

Observed area is, in nature, a transition part from the North Equatorial Current to the Equatorial Countercurrent and it appears that depth of the discontinuous layer becomes shallower progressively westwards and southwestwards, as the result of a wedgewise overlying of warmer surface water on colder water of the middle layer. Gradient of temperature between both layers is considerably sharp and the surface water mass has a range of temperature from 25 to 29 (°C).

Concerning the salinity, there is no particular appearance.

Collections of plankton were made at 25 stations by the Kitahara quantitative net (25cm in diameter, 1m in length and stretched with bolting silk XX16) drawing from 150 m-depth to the surface.

In the present paper we cleared as following : 252 species of zooplankton are identified during these observations (Table 3).

The most abundant animals were Copepods (117 species) and next came Dinoflagellata (42). Besides them Copelata (23), Chaetognatha (13) and Infusoria (9) were occassionally observed in abundance.

From the view point of occurrence of Copepods, the dominant species are such as, *Calanus darwinii*, *Eucalanus subcrassus*, *Rhincalanus cornutus*, *Oncaea venusta*, *On. media*, and *Oithona plumifera*.

The species found in the reproductive period throughout stations were the following 47 ones :

※ 水産講習所研究業績　第211号
1）昭和30年11月　日本水産学会秋季大会（長崎）発表

Calanus helgolandicus, Cal. tenuicornis, Cal. minor, Cal. darwinii, Cal. vulgaris, Cal. robustior, Cal. gracilis, Eucalanus subcrassus, Eucal. mucronatus, Eucal. attenuatus, Rhincalanus cornutus, Acrocalanus gibber, Acro. gracilis, Paracalanus aculeatus, Paracal. parvus, Clausocalanus pergens, Clauso. arcuicornis, Euchaeta marina, Gaetanus armiger, Hetrorhabdus papilliger, Scolecithrix danae, Haloptilus ornatus, Labidocera detruncata, Pleuromamma abdominalis, Pleuro. gracilis, Pleuro. xiphias, Lucicutia flavicornis, Luci. ovalis, Acartia danae, Acar. neligens, Copilia mirabilis, Microsetella norvegica. Micro. rosea, Sapphirina intestina, Sap. gemma, Sap. stellata, Sap. nigromaculata, Oithona plumifera, Oncaea venusta, On. conifera, On. media, Corycaeus speciosus, Cory. lautus, Cory. gibbulus, Cory. longistylis, Cory. flaccus, Centropages furcatus.

緒　　言

1954年12月～1955年1月に水産講習所練習船俊鶻丸が行つた北インド洋中部での鮪延縄漁業実習の際，平野・田川は海洋調査を実施して0～150mの各層の水温・塩分その他を観測し，又プランクトンを採集した（第1図，第1表）。プランクトンの採集には口径25cm，長さ1m，網目日本製篩絹 XX16の北原式定量用ネットを用い，水深100～200mより表面まで毎秒 50cmの早さになるようにして垂直的に曳網した。本報文の作成に当つては海況解析を佐藤・平野，プランクトンを千葉・鶴田，化学分析を田川が担当した。標品中甲殻類，被嚢類は京都大学時岡隆博士に査定を依頼した。茲に同博士に深謝の意を表する。亦協力を惜しまなかつた俊鶻丸駒野船長及び乗組員各位に厚くお礼を申上げる。

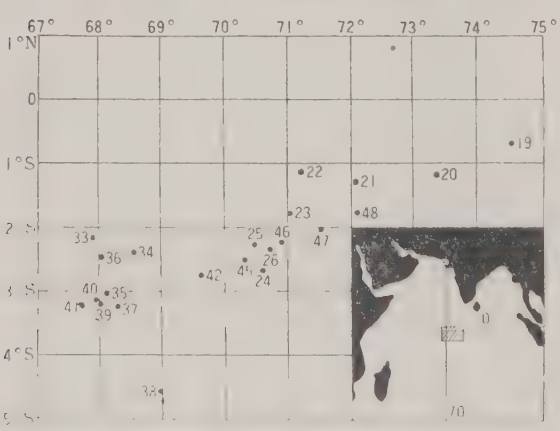


Fig. 1. Observed area and stations.

I　水温及び塩分の水平分布

0m：日射量，降雨の有無および一日の中の時刻等によつて変化をうけ易いからその点を考慮しなければならないが，南東及び西部の方が高温で，北側の低温部がその両者を隔てて南西部の低温部と連絡している。塩分分布からも判るように，南東側の高温部は35.0‰以下の低鹹部に，西側のそれは34.9‰の低鹹部に対応する（第2図）。

25m：水温分布は0mによく似た様子を示しているが，西側には著しい低温部（24°C）が出現し，St.42よりSt.40にかけての高温水に圧迫されて鋭どい勾配を形成している。塩分は0mでのSt.42とSt.41における低鹹部が消失している点を除けば0mとほぼ似通つた様子を示す。

50m：この層の様相は上記各層と著しく異なり，St.37を中心とする低温水が南側に存し，そのため南側は低く北側が高いという正反対の分布を示しており，この低温水と西側低温部との間に，25m層でその北上が認められた鞍状高温部が形成されている。塩分は25mと類似の様子

Table 1. Investigation period and hydro

Station No.	Lat.	Long.	Date	Weather	Tra pl
17	5°37′ N	81°07′ E	11 Dec.′ 54	—	
18	4°30′ N	77°47′ E	13	—	
19	0°43′ S	74°36′ E	15	B	
20	1°13′ S	73°20′ E	16	B	
21	1°19′ S	72°03′ E	17	C	
22	1°08′ S	71°15′ E	18	C	
23	1°46′ S	71°01′ E	19	B	
24	2°41′ S	70°35′ E	20	C	
25	2°15′ S	70°31′ E	21	B	
26	2°21′ S	70′ 44′ E	22	R	
33	2°12′ S	67°55′ E	6 Jan.′ 55	B	
34	2°27′ S	68°33′ E	7	B	
35	3°02′ S	68°10′ E	8	C	
36	2°28′ S	68°01′ E	9	B	
37	3°19′ S	68°19′ E	10	B	
38	4°35′ S	68°58′ E	11	B	
39	3°12′ S	68°00′ E	12	B	
40	3°10′ S	67°59′ E	13	B	
41	3°17′ S	67°43′ E	14	C	
42	2°48′ S	69°37′ E	15	C	
45	2°31′ S	70°19′ E	15	C	
46	2°21′ S	70°56′ E	16	B	
47	2°02′ S	71°33′ E	16	C	
48	1°48′ S	72°08′ E	16	C	

を示し，北側からSt.24に迫る高鹹水の張り出しと，南西への袋状の張り出しとがあり，後者の中心はSt.35にあつて東側高温部の先端に対応する。

75m：50mでみられた二つの低温部は依然認められるが，東南からの張り出しは南からに変りその東側が北からの高温水を著しく圧迫してSt.47の張り出しを形成させ，西側低温部との間に南からの高温水の突入が認められるが，北側では互に連絡している。この層の塩分分布には50m層で水温に生じたような著しい変化が認められ，St.48に中心をもつ南からの高鹹水の出現のために塩分分布は逆になり，南からの低温水が同じく南乃至南西からの高鹹水に対応するに

いたつた。

100m：75m層でSt.39付近に見られた高温部は消失して，南西からの低温部と北東よりの舌状高温部とに截別される。塩分は，南～南東に高鹹部が確立され，St.36へ突出している西からの高鹹水との間に鞍状低鹹部がある。

125m：水温分布は再び一変し，南からの低温部は著しく縮少して西側低温部との間に高温水が突出し，またSt.23に中心をもつ高温部が南乃至南東から北へ張り出している。塩分分布もやはり相当の変化を示し，西側の低鹹部は依然認められるけれども，低鹹突出部を隔てて東に高く西に低くなつており，St.23の孤立した高鹹部が高温部の中心に対応する。

150m：観測点が少ないのでよく判らないが，St.47に南からの低温部があつて西と東の高温水を隔てているようである。

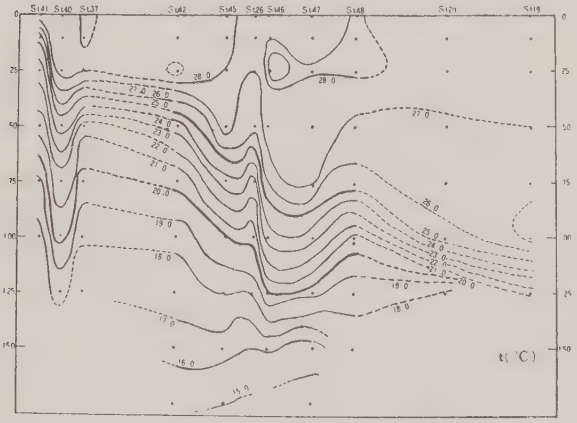


Fig. 3. (A) Vertical distribution of temperature.

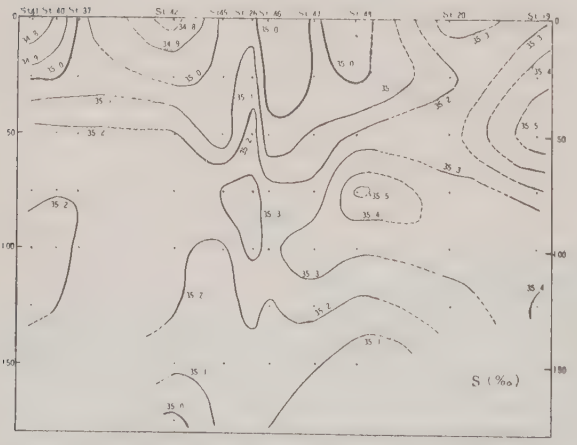


Fig. 3. (B) Vertical distribution of salinity.

Ⅱ　水温と塩分の垂直分布

断面1（St. 41—40—37—42—45—26—46—47—48—20—19)。西南西～東北東のこの断面に沿つた水温の不連続層が，St.19での約120mから西するにつれて次第に浮上し，St.41では25m付近に存する。しかも，東側での不連続層は20°～25°Cの範囲であるが，西するにつれて高温になりSt. 41での中心は25°～27°Cである。このことから，東～北東寄りの表層高温部と西寄りの表層低温部とが接触して，後者が前者の亜表層乃至中層水に関連することを示すものと考へられる。不連続層の一様性を破る変化はこれと交わる方向に存する異水塊の影響によるものであろう。塩分でもそれほど顕著ではないが，ほぼ類似の傾向が認められ，水温にみられた不連続層に対応して，東側での125m前後における35.3‰，St. 45以西での60～80m位に認められる35.2～35.0‰の等塩分線がある。けれどもそうした傾向を別にすれば塩分の垂直分布は著しく複雑でSt.41～St. 20にかけて50m前後以浅には35.2‰以下の低鹹部が存し，これに相対するものとしてSt. 19での40～50mを中心とする35.3‰以上の高鹹部が東方から伸びている。それより深い100m前後の亜表層には35.3‰以上の高鹹部がSt.47～St.19にあり，中心はSt. 48の125m附近で35.5‰に達する。この高鹹部に関連するものと思われる孤立した高鹹部がSt.26

～45の70～130mに見られる。これらよりも深層では何れも35.2‰以下の低鹹部が，一つはSt. 41～40の80～130mに，他はSt.42～48の100～120m以深に認められる。一方ごく表層ではSt.41に34.8‰，St.42に同じく34.8‰が認められるけれども，これが一時的現象であるかどうかは判らない（第3図A，B参照）。

断面2（St.33—34—42—24）。これはSt.42において断面1と交わる。そのSt.42では，25mに29°Cの高温部があるため30m以浅での等温線が下方に凸であるが，それ以深では上方に凸となつている。塩分との対応は表層に限られる（断面2～5については第3図C参照）。

断面3（St.33—36—35—37）。北西よりの表層水が南東進するにつれて下層低温水のために次第に上方に圧迫されてSt.35でその極に達し，St.37にかけては再び下方へ拡つている。これに対応するかのようにSt. 35の下層には35.2‰以下の低鹹部と中層に35.3‰の高鹹部が存する。

断面4（St. 40—35—34）。断面3とほぼ直交するこの断面で，St. 40での等温線の著しい凹入は既に断面1で認められたものと同じであり，St.34の方からの表層高温部はSt.34の方へと急速に厚さを増す。このことは前の断面3と較べると，表層水がほぼ東北東から西南西（St. 33→41）の方向に張り出すことを示すもののようである。塩分と水温とに著しい対応は認められない。

断面5（St.24—45—23—22）。St. 23の亜表層（75～125m）に暖水が存するため等温線は上方に凸になつており，しかもこの亜表層暖水は St. 48の方つまり東方へ張り出している（断面11）。断面7との対照により，St. 46と47にかけて南から張り出している表面暖水（27°C以上）は主としてSt. 21の方に，そして一部をSt.22～23の方へ伸ばしているものと考えられる。中層では等温線と等塩分線がかなりよく対応している。

Ⅲ　水　　塊

水温と塩分の分布から判断して次の様な水塊を考えることが出来よう。

a）表　　層（ほぼ50乃至70m以浅の層を指す）。

i）St.19一及び以東に存すると考えられる一の50m附近に中心をもち0～75mの間に存する（26.5°C以上，35.3‰以上）。表層で最も高鹹である。

ii）St.21の表面より80m位までを占める高鹹水（26.0°C以上，35.3‰以上），おそらくSt. 19にみられた水塊の延長部であらう。

iii）St.22のごく表層（0～20m）にみられるもの（28°C以上，35.2‰以下）。

iv）St. 48—47—26$<^{25}_{24}>$45—42—37—40を通じて，40～65m以浅にみられる27°C以上，35.2‰以下の水塊で，これは南からのものと思われるが，St. 25と24とでは下限が非常に浅く30m以内である。このことは亜表層水の影響によるものであらう。この水塊の内，特に次のものが著しい。

1．St. 48—47—46での28°C以上，35.0‰以下の水塊は St.48で0～30m，途中 St.47で一旦25m深度に縮少した後 St. 46で10～35mに存する潜入部を形成する。

2．St. 45—42—37—40の表層（約25～30m以浅）には高温低鹹な水塊（28.0°C以上，35.05‰以下）がある。

v）St. 40—35—34—36—33では30～40m以浅に高温低鹹（26.5°C以上，35.0‰以下）の水塊が認められる。

b）亜　表　層

i）St. 19—20—48—47では，70m前後から110m前後にかけて低温高鹹水（21～22°C以上，

いたつた。

100m：75m層でSt.39付近に見られた高温部は消失して，南西からの低温部と北東よりの舌状高温部とに截別される。塩分は，南～南東に高鹹部が確立され，St.36へ突出している西からの高鹹水との間に鞍状低鹹部がある。

125m：水温分布は再び一変し，南からの低温部は著しく縮少して西側低温部との間に高温水が突出し，またSt.23に中心をもつ高温部が南乃至南東から北へ張り出している。塩分分布もやはり相当の変化を示し，西側の低鹹部は依然認められるけれども，低鹹突出部を隔てて東に高く西に低くなつており，St.23の弧立した高鹹部が高温部の中心に対応する。

150m：観測点が少ないのでよく判らないが，St.47に南からの低温部があつて西と東の高温水を隔てているようである。

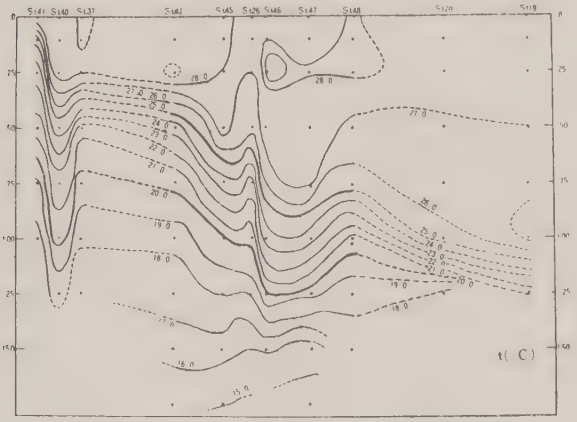


Fig. 3. (A) Vertical distribution of temperature.

Fig. 3. (B) Vertical distribution of salinity.

Ⅱ　水温と塩分の垂直分布

断面1（St. 41—40—37—42—45—26—46—47—48—20—19)。西南西～東北東のこの断面に沿つた水温の不連続層が，St.19での約120mから西するにつれて次第に浮上し，St.41では25m付近に存する。しかも，東側での不連続層は20°～25°Cの範囲であるが，西するにつれて高温になり St. 41での中心は25°～27°Cである。このことから，東～北東寄りの表層高温部と西寄りの表層低温部とが接触して，後者が前者の亜表層乃至中層水に関連することを示すものと考へられる。不連続層の一様性を破る変化はこれと交わる方向に存する異水塊の影響によるものであらう。塩分でもそれほど顕著ではないが，ほぼ類似の傾向が認められ，水温にみられた不連続層に対応して，東側での125m前後における35.3‰，St. 45以西での 60～30m位に認められる 35.2～35.0‰の等塩分線がある。けれどもそうした傾向を別にすれば塩分の垂直分布は著しく複雑でSt.41～St. 20にかけて50m前後以浅には35.2‰以下の低鹹部が存し，これに相対するものとしてSt. 19での40～50mを中心とする 35.3‰以上の高鹹部が東方から伸びている。それより深い100m前後の亜表層には35.3‰以上の高鹹部がSt.47～St.19にあり，中心はSt. 48の125m附近で35.5‰に達する。この高鹹部に関連するものと思われる弧立した高鹹部がSt.26

～45の70～130mに見られる。これらよりも深層では何れも35.2‰以下の低鹹部が，一つはSt.41～40の80～130mに，他はSt.42～48の100～120m以深に認められる。一方ごく表層ではSt.41に34.8‰，St.42に同じく34.8‰が認められるけれども，これが一時的現象であるかどうかは判らない（第3図A，B参照）。

断面2（St.33—34—42—24）。これはSt.42において断面1と交わる。そのSt.42では，25mに29°Cの高温部があるため30m以浅での等温線が下方に凹であるが，それ以深では上方に凸となつている。塩分との対応は表層に限られる（断面2～5については第3図C参照）。

断面3（St.33—36—35—37）。北西よりの表層水が南東進するにつれて下層低温水のために次第に上方に圧迫されてSt.35でその極に達し，St.37にかけては再び下方へ拡つている。これに対応するかのようにSt.35の下層には35.2‰以下の低鹹部と中層に35.3‰の高鹹部が存する。

断面4（St.40—35—34）。断面3とほぼ直交するこの断面で，St.40での等温線の著しい凹入は既に断面1で認められたものと同じであり，St.34の方からの表層高温部はSt.34の方へと急速に厚さを増す。このことは前の断面3と較べると，表層水がほぼ東北東から西南西（St.33→41）の方向に張り出すことを示すもののようである。塩分と水温とに著しい対応は認められない。

断面5（St.24—45—23—22）。St.23の亜表層（75～125m）に暖水が存するため等温線は上方に凸になつており，しかもこの亜表層暖水はSt.48の方つまり東方へ張り出している（断面11）。断面7との対照により，St.46と47にかけて南から張り出している表面暖水（27°C以上）は主としてSt.21の方に，そして一部をSt.22～23の方へ伸ばしているものと考えられる。中層では等温線と等塩分線がかなりよく対応している。

Ⅲ 水　　塊

水温と塩分の分布から判断して次の様な水塊を考えることが出来よう。

a）表　　層（ほぼ50乃至70m以浅の層を指す）。

i）St.19一及び以東に存すると考えられる一の50m附近に中心をもち0～75mの間に存する（26.5°C以上，35.3‰以上）。表層で最も高鹹である。

ii）St.21の表面より80m位までを占める高鹹水（26.0°C以上，35.3‰以上），おそらくSt.19にみられた水塊の延長部であらう。

iii）St.22のごく表層（0～20m）にみられるもの（28°C以上，35.2‰以下）。

iv）St.48—47—26$<^{25}_{24}>$45—42—37—40を通じて，40～65m以浅にみられる27°C以上，35.2‰以下の水塊で，これは南からのものと思われるが，St.25と24とでは下限が非常に浅く30m以内である。このことは亜表層水の影響によるものであらう。この水塊の内，特に次のものが著しい。

1．St.48—47—46での28°C以上，35.0‰以下の水塊はSt.48で0～30m，途中St.47で一旦25m深度に縮少した後St.46で10～35mに存する潜入部を形成する。

2．St.45—42—37—40の表層（約25～30m以浅）には高温低鹹な水塊（28.0°C以上，35.05‰以下）がある。

v）St.40—35—34—36—33では30～40m以浅に高温低鹹（26.5°C以上，35.0‰以下）の水塊が認められる。

b）亜　表　層

i）St.19—20—48—47では，70m前後から110m前後にかけて低温高鹹水（21～22°C以上，

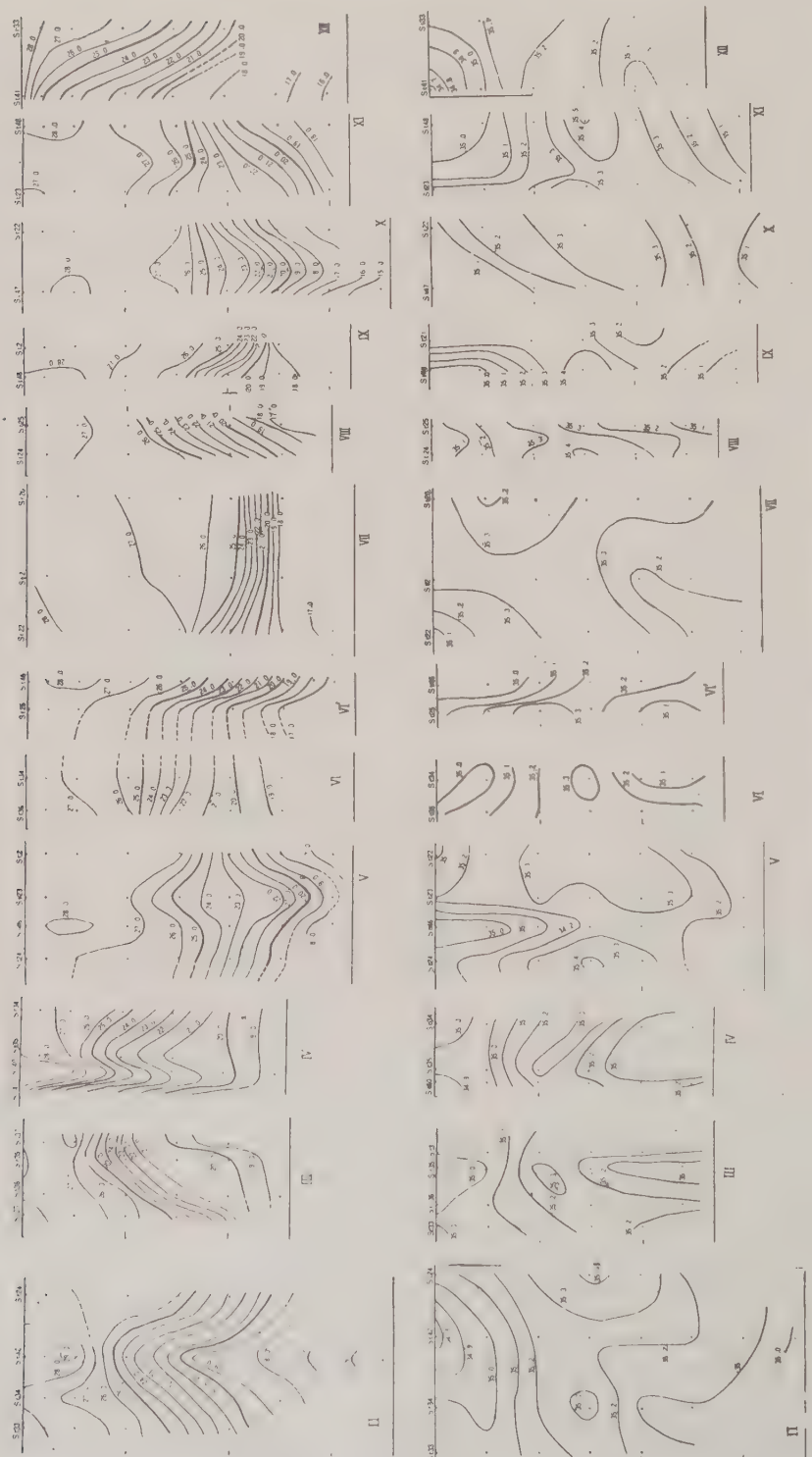


Fig. 3. (C) Vertical distribution of temperature and salinity.

35.3‰以上）が認められ，その中 St.48には特に65～85mに周囲よりも高温高鹹（24～26°C，35.4‰以上）な部分が弧立的に存する。

ii）St. 47—22にかけては80～105mに比較的高温高鹹（23～26°C，35.3‰以上）な部分が認められ，これは多分，St. 48の65～85mにみられたものと関係するものであろう。

iii）St. 23には，80～125mに高温高鹹水（23～25°C，35.3‰以上）がみられ，ii）と同一系統のものと思われる。

iv）St.26—24—45—25に囲まれる部分には，50～70mと80～100mの間に22～26°Cで35.3‰以上の水塊があり，これはi）の先端の変化したものであろう。

v）St. 35—34には，St.34での70～80mよりSt.35での45～55mに楔状に浮上貫入する高鹹水（22～24°C，35.3‰以上）が認められるが，これは北側から南西に伸びるものでSt.35まで存するにすぎない。

c）中　層

i）St. 48—47—46—26—25—45にかけて，浅い所（St.25）で90m，深い所（St.26）で130m平均110m以深にみられる20°C以下，35.2‰以下の低温低鹹水。

ii）St. 24—46—23—22にみられる120～140m以深の低温低鹹水。これはi）と同じであろう。

iii）St. 40—35—34—36—33には，21°C以下，35.2‰以下のi），ii）よりも高温な水塊が認められる。

Ⅳ 考　察

東北東から西南西に向つて漸次浮上し，かつ高温部に移行する顕著な不連続層があり，これによつて表層と中層が截別される。中層は，多少の変異はあるが，ほぼ一様な様子を示し西北に冷たく東に暖かい。水塊構造はかなり複雑で（第4図），まずSt.19の東方から西進する高温高鹹な水塊（A）が St.21を経て，St.22 では表層水の下に潜入し，その分枝は St. 20 でも亜表層に潜入し，この水塊の主幹は St. 20の北側の表層を通つているものと思われる。St. 20での表層水（B）は St.21 では逆にAの亜表層に潜入している。St. 22 でAの上層にある水塊Cは漸次浮上しつつ St.23 を経て St.46 に達し，そこで南からの大水塊Dを圧迫する。一方 St. 48で表層を占め St. 47で25m前後にくびれた後 St. 46で10～30mを占める水塊Eが水塊Cに貫入している。この水塊Eは，以前あつたもつとはつきりした水塊の名残りであろうと考えられる。水塊Aの一分枝は St. 21から南西に伸びて St. 48と47の間を経て亜表層に潜入，St. 48では亜表層に南東から伸びる水塊Fがあつてその後浮上する。南方からの水塊Dは St. 25より St. 24を経て突出する冷たい亜表層水Gに圧迫されて，前記の St. 46—

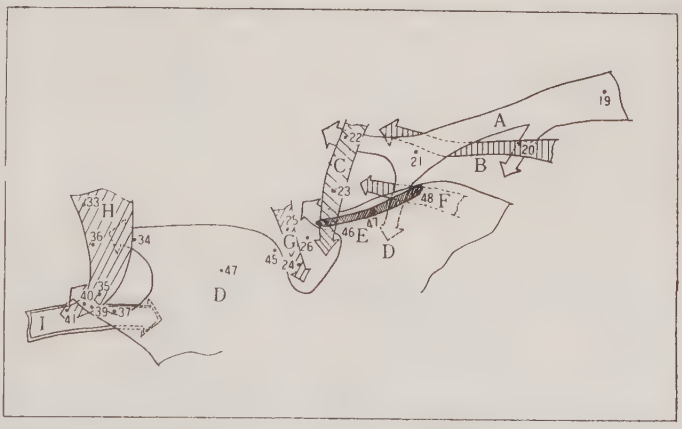


Fig. 4. Structure of water masses.

47—48に跨る部分と，西側の St. 45—47—37—39—40に亘る部分とに分れ，後者の一分枝は St. 47から St. 34へ伸びて北よりの水塊Hの下に潜る。水塊Hは南するにつれて沈降して，St. 40—35では水塊Dの下に潜入する。又，西方から亜表層水Ⅰは St. 41で水塊Hの下に潜るが，その先はずつと深くなつているようで，本観測からはよく判らない。

Ⅳ　プランクトン組成

出現したプランクトン組成を第3表に示した硅藻類で同定した種は39でこれの多くは温熱帯外洋性のものであつた。多量に出現した種は *Rhizosolenia Bergonii*, *Rhizo. acuminata*, *Rhizo. alata*, *Planktoniella sol*, *Thalassiothrix longissima*, *Chaetoceros coarctatus* 等が挙げられる。概観的に硅藻類の出現状態を見れば，St. 11～20までの西部海域が東部海域よりも種類，数量共に多い傾向がうかがわれ，これは西部海域では海況が複雑で，湧昇流等の影響に依るものと思われる。又 *Rhizosolenia alata* は細胞の直径の大きいものと，小さいものとの二型が出現し，特に St. 11～20の西部海域では両者の出現量は増加し第5図に示した増大胞子形成期のものが認められた。

Fig. 5. Auxospore of *Rhizosolenia alata*.
Diameter of entire cell …… 11μ.
Diameter of dividing cell …… 46μ.
Total length …… 1067μ.

動物種で同定出来たものは250余種に及び，それらの中重要なものに橈脚類 117種，鞭藻類42種，浮游性被嚢類23種，毛顎類13種，滴虫類9種がある。橈脚類の中多量出現したものは，*Calanus darwinii*, *Eucalanus subcrassus*, *Rhincalanus cornutus*, *Euchaeta marina*, *Scolecithrix danae*, *Lucicutia flavicornis*, *Oncaea venusta*, *On. media*, *Oithona plumifera*, 鞭藻類では *Ceratium tripos* var. *atlanticum*, *Cer. macroceros*, *Cer. pulchellum*, *Cer. inflexum*, 浮游性被嚢類では *Oikopleura longicauda*, *Oik. fusiformis*, *Oik. rufescens*, *Stegosoma magnum*, 毛顎類では *Sagitta enflata*, *Sag. bedoti*, *Sag. serratodentata pacifica*, *Sag. regularis*, *Sag. minima*, 有孔虫類では *Globigerina bulloides* 放散虫類では *Acanthometron pellucidum* であつた。然し動物種の出現状態では植物種のように海域による有意を認められるような相違は殆んど認められなかつた。次に生殖時期に該当する種及び抱卵々径，精嚢の長さを示すと第2表のようである。

Table 2. Diameter of eggs and length of spermatophore.

Species name		Diameter of eggs (in μ)	Length of spermatophore (in μ)
Calanus	*helgolandicus*	140—170	400— 440
Cal.	*tenuicornis*	140—170	—
Cal.	*minor*	140—200	250— 310
Cal.	*darwinii*	150—200	300— 400
Cal.	*vulgaris*	140—170	400— 500
Cal.	*robstior*	80—110	700— 730
Cal.	*gracilis*	100—170	—
Eucalanus	*subcrassus*	140—200	—
Eucal.	*mucronatus*	140—160	—
Eucal.	*attenuatus*	100—180	—
Rhincalanus	*cornutus*	140—180	1300—1400
Acrocalanus	*gibber*	100—120	—

Acro.	*gracilis*	30— 40	—
Paracalanus	*aculeatus*	30— 50	—
Paracal.	*parvus*	30— 40	—
Clausocalanus	*pergens*	90—110	300— 350
Euchaeta	*marina*	300—350	500— 700
Gaetanus	*armiger*	140—200	—
Heterorhabdus	*papilliger*	—	600— 700
Scolecithrix	*danae*	—	1000—1200
Haloptilus	*ornatus*	80—140	—
Labidocera	*detruncata*	—	140— 200
Lucicutia	*flavicornis*	60— 70	300— 750
Luci.	*ovalis*	—	700— 770
Pleuromamma	*abdominalis*	150—200	—
Pleuro.	*xiphias*	140—200	—
Pleuro.	*gracilis*	80—140	—
Acartia	*danae*	—	100— 130
Copilia	*mirabilis*	70—100	—
Microsetella	*rosea*	40— 50	—
Micro.	*norvegica*	40— 50	—
Centropages	*furcatus*	—	500— 600
Sapphirina	*intestina*	70—100	—
Sap.	*gemma*	25— 40	—
Sap.	*stellata*	60— 90	—
Sap.	*nigromaculata*	60— 80	—
Oithona	*plumifera*	70—110	—
Oncaea	*venusta*	40— 60	160— 180
Onc.	*conifera*	40— 80	—
Onc.	*media*	50— 70	—
Corycaeus	*speciosus*	70—100	200— 250
Cory.	*lautus*	100—140	—
Cory.	*gibbulus*	40— 60	140— 160
Cory.	*longistylis*	140—160	200— 250
Cory.	*flaccus*	100—170	100— 120

VI 摘　　要

1．動物性プランクトンの中重要なものは橈脚類（117種），鞭藻類（42種），被嚢類（23種），毛顎類（13種），滴虫類（9種）である。

2．橈脚類の優占種は *Calanus darwinii*, *Eucalanus subcrassus*, *Rhincalanus cornutus*, *Euchaeta marina*, *Scolecithrix danae*, *Lucicutia flavicornis*, *Oncaea venusta*, *On. media*, *Oithona plumifera* 等で，被嚢類では *Oikopleura longicauda*, *Oik. fusiformis*, *Oik. rufescens*, *Stegosoma magnum*, 毛顎類では *Sagitta enflata*, *Sag. bedfordii*, *Sag. serratodenata pacifica*, *Sag. regularis*, *Sag. minima* であつた。

3．生殖発生を行つている橈脚類の種類は多く47種が該当した。

4．植物性プランクトンの *Rhizosolenia alata* の増大胞子が認められた。

Table 3. Occurrence of the plankton

Species name \ Station No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PHYTO-PLANKTON										
Merosira	sp.	RR								
Ethmodiscus	*Gazellae*						RR			
Coscinodiscus	*excentricus*		RR			RR			RR	RR
Coscino.	*radiatus*									
Coscino.	*subtilis*									
Planktoniella	*sol*		RR	R	R	R	R	R	+	R
Asteromphalus	*hepaticus*									
Asterolampra	*Grevillei*			RR						RR
Gossleriella	*tropica*									
Stephanopyxis	*palmeriana*	RR		RR		RR		RR		
Dactyliosolen	*antarcticus*									
Guinardia	*flaccida*									
Rhizosolenia	*alata*	RR	RR	RR	RR	RR	R	R	R	R
Rhizo.	*calcar-avis*		RR	RR	RR		RR		RR	
Rhizo.	*styliformis*			RR		RR	RR	RR	RR	RR
Rhizo.	*Bergonii*	R	R	+	+	+	+	+	+	+
Rhizo. hebetata f.	*semispina*	R	R		RR	RR		RR		
Rhizo.	*acuminata*	R	R	+	R	R	R	+	+	R
Rhizo.	*robusta*	RR	RR	RR	RR	RR	R	RR	R	R
Rhizo.	*imbricata*	RR		R				R		
Rhizo.	*cylindrus*									
Bacteriastrum	spp.								RR	
Chaetoceros	*coarctatus*	RR	RR	R	R	R	R	RR	R	+
Chaeto.	*lauderi*									
Chaeto.	*affinis*	RR			RR		RR			
Chaeto.	*laciniosus*							RR		
Chaeto.	*distans?*									
Chaeto.	*peruvianus*	RR	RR	RR		RR	RR		RR	RR
Chaeto.	*concavicornis?*									
Chaeto. atlanticus	var. *neapolitana*			RR		RR				
Chaeto.	*messanensis*						RR			
Chaeto.	*Lorenzianus*			RR						
Hemiaulus	*membranacus*	RR	RR							
Cerataulina	*compacta*									
Cerat.	*Bergonii*									
Thalassiothrix	*longissima*	+		C	+	+	R	+	R	+
Thalassiothrix	*Frauenfeldii*									
Nitzschia	*seriata*	RR		R				RR		
Tricodesmium	spp.	R	R	R	R	R	RR	+	RR	R
DINOFLAGELLATA										
Ornithocercus	*magnificus*	RR		RR		RR			RR	
Ornitho.	*serratus*		RR				R	RR	RR	
Ornitho.	*splendidus*				RR		RR		RR	RR
Ceratium	*gibberum*		RR		RR	RR	R		RR	

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	RR					RR						RR		
		R	RR	RR			RR	RR		RR	RR		RR	
RR			RR											
						RR								
+	+	R	R	R	+	+	+	+	+	+	+	+	R	+
						RR								
	R	R			RR		RR	RR	RR	RR				
						RR	RR		RR	RR	RR			RR
RR				RR				RR		RR		RR		RR
	RR		RR			RR	RR	R		R				
		RR						R						
R	+	R	+	+	+	R	+	+	R	+	+	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	+	+	+	+	R	R	R
RR	RR	R	R	RR	R	+	+	R	C	+	RR	RR	RR	RR
R	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	R	R	+	R
				RR		RR		RR						
R	+	+	+	+	+	+	+	C	+	+	R	R	R	R
RR	RR	R	RR	R	R	RR	R	R	R	R	R	RR	RR	RR
	RR	RR	RR		RR	R		RR			RR		RR	
			RR		RR		RR			RR				
	RR	RR	R	RR	R	R	R	+	R	R		RR		RR
	R	R	R	−	+	R	R	R	R	R	R	R	R	R
		RR	RR	RR		RR	R	R		RR	RR			
	RR		RR		RR	R	RR		RR				RR	
	R	R	R	RR	RR		RR	RR		RR	RR			
					RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR			
R	R	R	R	R	R	R	+	R	R	R	RR		RR	RR
				RR		RR	RR	RR						
	R	R	RR	RR	RR	R	RR	RR	R	R				
RR	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		RR	RR
				RR		RR				RR				
							RR	RR		RR				R
		RR		RR	RR	R	R	RR	RR		RR			
			RR			RR	RR	RR	RR	RR				
R	C	C	C	C	C	+	C	C	C	+	+	+	+	+
				RR		RR		RR		RR				
	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		RR	R
R	R	R	R	R	R	RR	R	R	R	R	R	R	R	R
	RR	RR	RR		RR	RR		RR	RR	RR	RR		RR	
RR			RR	RR	RR	RR	RR		RR	R	R	RR	RR	RR
									RR		RR			
RR		RR		RR		RR	RR		RR	RR	RR	RR	RR	

Species name \ Station No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ceratium pennatum			RR					RR	RR
Cera. paradoxides						RR	RR		RR
Cera. furca				RR		RR	RR	RR	
Cera. massiliens	R		RR			RR		R	RR
Cera. gracile var. *symmetricum*						RR			
Cera. gravidum	RR	RR		RR		RR	RR	R	RR
Cera. tripos var. *atlanticum*	RR	R	+	+	+	C	R	+	R
Cera. macroceros	R	R	+	+	+	R	+	R	+
Cera. inflexum	R		R			R	+	R	+
Cera. pentagonum									
Cera. lineatum							+		
Cera. contortum	RR	RR		RR	RR	R		RR	
Cera. fusus subsp. *seta*			RR			R	R		RR
Cera. tenue var. *buceros*	RR	RR			RR			RR	RR
Cera. extensum	R					R	+	R	R
Cera. deflexum									
Cera. karsteni	R	R	R	R	RR	R	R	R	RR
Cera. reticulatum									
Cera. breve			R			R	R	R	R
Cera. azoricum			R			R	RR	RR	R
Cera. palmatum			RR	RR	RR	RR	RR	RR	
Cera. lunula							RR	RR	
Cera. Candelabrum					RR		RR		RR
Cera. carriense	R	R	R	R	R	RR		RR	
Cera. vultur var. *divergens*	RR	RR			RR				
Peridinum sp.	RR	RR		RR					
Dinophysis homunculus									
Ceratocorys horrida	RR		RR		RR		RR		RR
Oxytoxum scolopax	RR	RR		RR	RR	RR			
Amphisolenia bidentata	R	R	R	RR	R	R	R	R	R
Amphi. thrinax	RR				RR				
Pylocystis fusiformis			RR					RR	RR
Pylocy. lunula									
Pylocy. pseudonoctiluca	RR		RR			RR		RR	R
Pylocy. hamulus	RR	RR	RR	RR			RR		RR
RADIOLARIA									
Sphaerozoum geminatum									
Acanthometron pellucidum	R	R	R	+	+	C	C	+	C
Auracantha scolymantha									
Amphilonche belonoides				RR		RR	R	RR	RR
FORAMINIFERA									
Globigerina bulloides	R	RR	+	R	R	+	C	+	C
CILIATA									
Peterotricha major			RR	RR		RR		RR	
Tintinnus frankoii								RR	

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
							RR	RR						
	RR	RR		RR		RR			RR		RR		RR	
RR		RR			RR			RR		RR				
	RR	RR	RR		R	RR	RR	R	RR	R	R	R	RR	RR
RR			R											
RR	R	R	RR	RR	R	RR	R	RR	RR	R	R			R
R		R			RR			RR		R	R			R
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R			R
						RR	RR	RR		RR		RR		
				RR		RR	RR		RR		RR			
	RR		RR			RR	R	R	R	R	RR		RR	RR
	RR	RR		R	R	RR	RR	R			R			
RR	RR						RR			RR			RR	
R		R		R				R	R	R	RR			
				RR		RR	RR	RR		RR		RR		
RR	R	RR	R	R	R	RR	R	R	R	R	R	RR	RR	R
								RR	RR	RR				
R		RR	R	RR		R		R	R	R				R
	RR	RR		RR	RR	RR	RR	RR		R	R			R
RR												RR	RR	
	RR	RR		RR	RR	RR		RR						
		RR		RR	RR	RR	RR	RR		RR	RR			
RR			RR			RR		R	R	R	R	R	R	R
								RR					RR	
												RR		RR
RR		RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR			RR			
		RR		RR		RR	RR		RR	RR	RR		RR	RR
RR					RR							RR	RR	
RR	R	R	R		RR	RR		R	R	R	R	R	RR	R
				RR						RR	RR		RR	RR
R						RR			RR					RR
				RR	RR		RR			RR				
+		RR	RR					R			RR			
													RR	
				R				RR						
+	R	R	C	+	+	R	+	+	R	+	+	+	+	+
	RR	R		R	R	RR	RR		RR					
RR	RR		R	R	RR		RR							
+	R	R	+	+	+	+	+	+	R	R	RR		RR	
		RR		RR		RR				RR		RR		RR

Species name	Station No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Codonellopsis	*parva*				R R		R R		R R	R R	
Epiplocylis	*deflexa*										R R
Cyttarocylis	*acutiformis*		R R	R R	R R			R R		R R	R R
Xystonellopsis	*heros*		R R	R R		R R				R R	
Salpingella	*acuminata*		R R		R R			R			
Rhabdonella	*spiralis*		R R		R R			R	R R	R R	R R
Rhabd.	*amor*		R R								
MEDUSA											
Muggiaea	*atlantica*				R			R	R		R
POLYCHAETA			R R	R R	R		R R			R	R
PTEROPODA			R R	R R	R			R R	+	+	R
SCHIZOPODA						R R		R	R R	R R	R R
AMPHIPODA	(*Phronima*)							R R	R R		R R
PHYLLOPODA	(*Podon polyphemoides*)					R R	R R	R R	R R	R R	R R
OSTRACODA			R R	R				R	R R	R	R
COPEPODA											
Calanus	*helgolandicus*	*	R		R R	R R	R R	R R	R R		
Cal.	*tenuicornis*	*	R	R R	R	R R	+	R	+	+	+
Cal.	*minor*	*		R R	R		R R		R R	+	+
Cal.	*pauper*				R R						
Cal.	*darwinii*	*			+	+	+	+	R	+	+
Cal.	*vulgaris*	*		R R							
Cal.	*robustior*	*									
Cal.	*tonsus*										
Cal.	*gracilis*	*									
Eucalanus	*subcrassus*	*	R R		R R	R R	+	+	+	+	+
Eucal.	*attenuatus*	*	R	R R	R						
Eucal.	*subtenuis*										
Eucal.	*mucronatus*	*									
Eucal.	*elongata*										
Rhincalanus	*cornutus*	*		C			R R		R R	R	R
Rhin.	*nasutus*										
Acrocalanus	*longicornis*										
Acro.	*gibber*	*		R						R	
Acro.	*gracilis*	*		R					R R	R	+
Acro.	*monachus*										
Calocalanus	*pavo*		R R								
Paracalanus	*aculeatus*	*	R R	R R	R R	R R	R R	R R	+	R R	R R
Para.	*parvus*	*		R							
Clausocalanus	*furcatus*			R							
Cla.	*pergens*	*	R R		R				R		
Cla.	*arcuicornis*	*		R R			R R		R	R	+
Pseudocalanus	*minutus*										
Mecynocera	*clausi*										
Phaenna	*spinifera*										

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	RR				RR			RR			RR			R
		RR		RR		RR	RR	RR		RR				
	RR								RR		RR			
									RR			RR	RR	RR
	RR				RR			RR		RR				RR
R		RR	R		RR				RR		RR			RR
														RR
R	R		R	R				R	R	R	RR			
R	RR				RR	RR	RR	RR		R	RR		RR	RR
			R	R	R	R		R	R	R	R			R
R		RR	+		RR	RR			RR	R	RR			RR
					RR							RR		
R	RR													
	RR	RR			R			R					RR	
RR	RR	RR	RR	R	RR	R	+	+	+	+	+	+	RR	RR
+	+	RR		R	+	RR	R	R	R	RR	RR	R	+	RR
+	+	RR		+			+	R		+	R		+	R
	RR			RR						RR			RR	
+	+	R	+	+	C	+	+	+	C	+	+	+	+	+
	+	+	+	R	RR	+	+	R		RR		RR	RR	RR
				RR	+		RR	RR		RR				
				RR						RR				
		+								RR				RR
+	R	+	R	R	+	R	+	R	R	+	+	+	+	RR
	+			RR	R		R			+				+
				RR	R		+	+	+	+				
R	+	R	R	+	R		R		R	R	RR			
							RR							
	+	C	+	+	+	+	RR	R	+	+	R	R	R	C
		RR		+						R				
								RR						
		R		+	R		+	R			RR			R
+	+	RR	R	+	R	R	R	+	+	+	R	R	+	+
		RR								R				RR
				R	RR		+	R		RR				RR
R	RR	RR	+	+	RR	R	+	+	R	R	RR	RR	RR	RR
							R	R		+	+			R
	RR			+						RR	R		R	R
+	RR	+	+	+	R	+	+	+	+	+	+	+	+	RR
+	+	R	+	+	R	R	RR	R	+	+	+	R	R	+
							RR							
										RR				
											RR			

Species name			Station No. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Euchaeta	*marina*	*	RR	+	+	+	+	+	R	R	+
Euch.	*plana*			RR		RR					
Euch.	*wolfendeni*		RR								
Euch.	*concinna*										
Gaetanus	*armiger*	*									
Euchirella	*amoena*		RR	+		R	RR		RR		RR
Pontella	*securifer*										
Pont.	*tenuiremis*										
Pont.	*spinicauda*										
Scottocalanus	*helenae*								RR		
Undeuchaeta	*minor*										
Heterorhabdus	*papilliger*	*								RR	
Scolecithricella	*spinipedata*										
Scol.	*vittata*										
Scol.	*orientalis*										
Scol.	*bradyi*										
Scol.	*minor*						RR				
Bradyidius	*armatus*				RR					R	
Scolecithrix	*danae*	*	RR			RR		RR		RR	R
Haloptilus	*acutifrons*										
Halo.	*longicornis*			RR							
Temora	*discaudata*										RR
Temo.	*stylifera*										
Calanopia	*elliptica*										
Cal.	*americana*										
Cal.	*minor*				RR						
Pontellina	*plumata*		RR	RR			RR		RR		
Haloptilus	*ornatus*	*									
Aetidius	*armatus*										
Aetid.	*giesbrechti*			RR			RR	RR			
Heterorhabdus	*spinifrons*										
Labidocera	*spinicauda*										
Lab.	*pavo*				RR					RR	
Lab.	*detruncata*	*	RR				RR		RR	RR	
Lab.	*acuta*										
Pleuromamma	*abdominalis*	*									
Pleuro.	*gracilis*	*									
Pleuro.	*xiphias*	*									
Pleuro.	*robusta*										
Centropages	*furcatus*	*		RR		RR			RR	RR	RR
Cent.	*gracilis*										
Cent.	*orsinii*										
Cent.	*violaceus*										
Cent.	*elongatus*										
Candacia	*bispinosa*							RR		RR	

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
+	+	R	+	RR	+	+	R	RR	+	+	+	+	+	+
				RR						RR				
				RR	RR		RR				RR		RR	
				RR		RR				RR			RR	
	R	RR		RR	R							RR		
			RR			RR		RR	R	+	RR	R		
							RR		RR	RR		RR		
								RR	RR	RR	RR			
			RR	RR				RR		RR				
			RR	RR	RR					RR				
										RR		RR	+	RR
		RR		RR	RR	RR								
				RR		RR	RR		RR		RR			
					RR	RR	RR	RR						
			RR	RR		RR								
		RR		RR										
	R									RR	RR			
R	+	+	+	+	+	+	+	+	R	+	+	+	+	+
					RR									
				R	R	R	+	+	R	RR	RR			RR
	R			R	R									
			RR	R	RR		R							
		RR					R							
				RR			RR							
	RR			RR	R		RR	RR		RR	RR		RR	RR
		RR		RR	R	R			R		RR			
				RR		RR	RR	R		RR				
RR	R	+	+	+	+	R	R	R	R	RR	RR			
RR		RR	R	+	R	R	RR	+	R	R		RR		RR
						RR		RR		RR	RR		RR	
RR										RR		RR		RR
										RR	RR			
RR		RR		RR	RR				RR					RR
				R	R	RR				RR				
				RR		RR				RR	RR			
R	R	+	R	R	R	R	+	+	R	R	+	+	R	+
								RR		RR	RR			
					RR		RR		RR					
													RR	
					RR	RR		RR	RR					

Species name	Station No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Candacia	*pachydactyla*									R R	
Cand.	*simplex*				R R	R R	R R		R R	R R	R R
Cand.	*truncata*		R R	R R		R R		R R	R R		
Cand.	*bradyi*									R R	
Cand.	*longimana*										
Cand.	*aethiopica*										
Cand.	*catula*		R R								
Cand.	*curta*										
Cand.	*discaudata*										
Lucicutia	*flavicornis*	*		R R		R	+	R	R R	R	
Luc.	*longicornis*										
Luc.	*ovalis*	*					R R			R R	R R
Acartia	*danae*	*									
Acar.	*neligens*	*	R R	R R		R R	R	R R	+	+	+
Acar.	*erythrea*			R R							
Acar.	*hamata*										
Acar.	*clausi*										
Oithona	*setigera*										R R
Oith.	*plumifera*	*	+	+	+	+	+	C	C	+	+
Oith.	*decipens*			R R		R R		R R	R R	R R	
Oith.	*robusta*										R R
Oith.	*fallax*										
Lubbockia	*squillimana*										
Setella	*gracilis*			R R		R R	R R		R R		
Euterpe	*acutifrons*										
Microsetella	*norvegica*	*	+	R	R R	R R	R R	R	R	+	
Micro.	*rosea*	*	R	R R	R R	R R	R R	R R	R R	R R	R R
Clytemnestra	*scutellata*								R R	R R	R R
Cly.	*rostrata*										
Copilia	*mirabilis*	*		R R			R R		R R	R R	R R
Cop.	*quadrata*										
Sapphirina	*gastrica*				R R		R R	R R		R R	
Sap.	*intestina*	*									
Sap.	*gemma*	*		R R		R R					
Sap.	*metallina*								R R	R R	
Sap.	*stellata*	*				R R	R R				
Sap.	*angusta*										
Sap.	*darwinii*										
Sap.	*nigromaculata*	*		R R							
Oncaea	*venusta*	*	R	+	R	+	+	+	C	C	C
Onc.	*conifera*	*						R R		R R	R R
Onc.	*media*	*	+	+	C	+	C	+	C	C	+
Corycaeus	*speciosus*	*	R R	R R	R	R	+	R	R	+	R
Cory.	*lautus*	*	R R	R R	R	R	+	R	R R	R	R
Cory.	*gibbulus*	*	R R	+							R

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	RR						RR		RR	RR				
	RR			RR								RR	RR	RR
										RR	RR	RR	RR	RR
												RR	RR	
		RR												
							RR							
				RR			RR	R				RR		
					R									
				RR										
RR	R	+	R	RR	R	R	RR	R	R	+	RR	R	+	R
	RR			RR		RR	RR	RR	RR					
RR							RR							
							RR			RR			R	
R	R	R	RR	RR	+	R	R	RR	R	+	R	R	+	RR
		RR		RR	R		RR			+				
				RR						RR	R	RR		
										RR		RR	RR	RR
	RR		RR	RR			RR		RR		RR			
C	C	+	+	C	C	+	+	RR	R	C	+	+	+	C
			RR	R			RR			RR	RR		R	RR
			RR		RR			RR	RR	R	R			
												RR	RR	RR
			RR	RR	RR									
RR					R								RR	RR
				RR	RR	RR	RR		RR	RR				
R	R	+	R	+	+	+	+	+	+	+	R		RR	RR
RR	RR		RR	+	+	+	R	+	+	R	RR			
RR					RR								RR	
RR		RR			R		RR	RR		RR	RR		RR	
										RR				
		RR	RR	RR	RR									
RR	RR			RR	RR									
RR	RR				R					RR	RR			RR
				RR	R		RR				RR	RR	R	
				RR										
		RR	RR											
										RR				
C	C	+	+	+	C	+	+	C	+	C	+	+	+	C
	RR			R	RR		RR			R			R	+
+	+	C	+	+	C	+	+	+	+	C	+	C	+	C
R		R	R	+			RR			RR	RR	RR		
R	RR	RR	+	R			RR				RR	RR	R	
		RR	+	+	RR		RR	+	R	RR	RR	RR		RR

Species name	Station No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Corycaeus	*longistylis* *		+	RR						
Cory.	*ovalis*									
Cory.	*flaccus* *		RR					RR		
Cory.	*crassiusculus*				RR		RR			
Cory.	*agilis*									
Cory.	*concinnus*			RR	RR					
Cory.	*catus*									
PLANKTON LARVAE										
FISH EGGS & LARVAE		R	R		RR			RR	R	RR
SCHIZOPODA FURCILIAN LARVAE		R	RR	RR	RR	RR	RR	R		RR
COPEPODA	NAUPLII	+	+	+	+	+	+	+	+	+

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		R	R	+			RR		RR	RR	RR	RR		
									RR	RR		RR		
	RR	R		+						R	RR		RR	RR
						R	+	R	R				R	
				RR				RR						
					RR			RR		RR	RR			RR
										RR	RR			
R	RR		RR		R				RR		RR			
RR					R		R	RR	RR		RR			
+	+	+	+	+	C	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Remarks * Species of reproductive period

Species name		Total number	%	Frequency of occurrence
CHAETOGNATHS				
Sagitta	*hexaptera*	58	2	16/24
Sagitta	*lyra*	15	1	7/24
Sagitta	*enflata*	679	22	24/24
Sagitta	*robusta*	30	1	14/24
Sagitta	*ferox*	19	1	11/24
Sagitta	*bedoti*	381	14	21/24
Sagitta serratodentata	*pacifica*	766	29	23/24
Sagitta	*regularis*	267	10	24/24
Sagitta	*bedfordii*	39	1	11/24
Sagitta	*minima*	216	8	15/24
Pterosagitta	*draco*	133	5	20/24
Krohnitta	*subtilis*	40	2	16/24
Krohnitta	*pacifica*	48	2	16/24
Damaged individuals or juv.		44	2	15/24

Species name	Total number	%	Frequency of occurrence
COPELATA			
Oikopleura longicauda	371	47	24/24
Oikopleura fusiformis	91	12	21/24
Oikopleura fusiformis f. *cornatogastra*	1		1/24
Oikopleura intermedia	7	1	2/24
Oikopleura gracilis	4	1	2/24
Oikopleura graciloides	1		1/24
Oikopleura dioica	6	1	4/24
Oikopleura rufescens	66	8	19/24
Oikopleura parva	11	1	6/24
Oikopleura cophocerca	34	4	15/24
Oikopleura albicans	16	2	7/24
Oikopleura spp. (damaged)	65	8	19/24
Megalocercus huxleyi	3		3/24
Stegosoma magnum	42	5	16/24
Pelagopleura verticalis	5	1	4/24
Fritillaria haplostoma	2		2/24
Fritillaria formica f. *digitata*	11	1	7/24
Fritillaria fraudax	1		1/24
Fritillaria gracilis	2		1/24
Fritillaria pellucide	6	1	5/24
Fritillaria borealis f. *sargassi* (large individuals)	4	1	3/24
Fritillaria borealis f. *sargassi* (small individuals)	28	4	9/24
Fritillaria borealis f. *intermedia*	1		1/24
Fritillaria megachile	2		2/24
Fritillaria spp. (damaged)	4	1	3/24
Appendicularia sicula	4	1	4/24

文　　献

千葉・鶴田：1955．スンダ列島西海岸海域のプランクトンに就いて．本報告，**4**（1），83—94.

CUPP, E. E.：1943. Marine plankton Diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Ocean. Univ. California, **5**（1），1—237.

佐藤　猛郎：1955．スンダ列島西岸域の海況（1）．本報告，**4**（1），1—22.

オーレオマイシンの化学的測定法に就いて※

藤井　実・冨田輝雄

On the Chemical Determination of Aureomycin by Titrating Organic Chlorine in Aureomycin Molecule

By

Minoru FUJII and Teruo TOMIDA

The organic chlorine in aureomycin molecule is liberated by heating-5minutes-of aureomycin preparation with 5 ml. of kalium-permanganate solution (4g/100 cc) and ca. 9 ml. of N-NaOH to make alkaline. After that, it is cooled, 5 ml. of glucose solution (50 %) added to decolorize it, and then acidified with 5ml. of 5N-HNO_3. White precipitations are resulted from adding 10 ml. of N/50 $AgNO_3$ solution in it, so after filtrating it, the excess of silver-solution is titrated with N/50 (NH_4)—CNS-saturated solution using 0.5 ml. of $Fe(NH_4)(SO_4)_2$-solution as indicator.

Content(mg) of aureomycin in sample will be calculated as following equation:

$$0.7092\text{mg} \times (A-B) \times \frac{478.5}{35.5} = \text{AM mg.}$$

A : Total chlorine in sample

B : Unorganic chlorine in sample ; N/50 $AgNO_3$ 1 cc=0.7092 mg Cl.

The results thus obtained by this chemical method are excellent until ca. 100 mg. of total chlorine in sample.

緒　　言

魚肉の鮮度保持の為種々の抗生物質が使用せられて好結果を得ている。特にオーレオマイシン（Aureomycin—AMと略す）の効果が著しく認められ既に広く実用化されつつある。併しAMの作用機転に関してはいくつかの研究があり，或は燐の代謝を阻止するとか或は適応酵素の形成を阻止するとかいわれているが，AMの直接的な作用に就いては未決定である。而してAMの保蔵効果及びその効果的な使用法を知るためにはAMを出来るだけ正確に測定する必要がある。測定方法として今日行われているのは細菌に対するAMの作用力から測定するカップ法及び重層法或は光電比色計を用いる比濁法やAMの濃度を直接計る比色計法等がある。細菌を用いる方法は最も直接的で又実際的であるが，常時細菌を保存していない所では実施出

※ 水産講習所研究業績 第212号

来ないし，実施しても歯の取扱いに相当の修練を要し，どんな実験室でも手軽に行うというわけにはいかない。比色法は最も簡単でAMの純粋溶液に就いての試験では良い数値を得たが稀釈度が過ぎると不正確になり易い。著者等はAM分子構成員である塩素を定量する方法を考案し，AMの標準液を測定した所光電比色計を用いた場合と同じ成績を示した。尚此の方法はすべての有機態塩素を測定するものであるから若しAM分子環が開裂して不活性になつた様な状態に於ても尚塩素が結合しているならば此の塩素をも併せ測定するわけである。この様な懸念から2，3の実験を試みたのであるが，過マンガン酸加里の酸化過程に於て芳香環の開裂に先だつて容易に塩素は遊離される様な結果を得た。

即ち有機態塩素として測定したものはすべてAM分子より遊離したものと推定して差支えないものと思う。

実　験　の　部

測　定　方　法

試料に$KMnO_4$ 5 cc（4 g/100 cc）及びN—NaOH約9 ccを添加し反応液をpH 9～10とし加熱沸騰を5分間持続させ，冷却後グルコーズ5 cc（約50%のもの）を添加して脱色し次に5 N—HNO_3 5 ccを添加して酸性とし濾過し濾液にN/50$AgNO_3$液10 ccを加えると白沈を生ずる。濾過水洗し全濾液を低温（砂皿上）で蒸発濃縮し約10 cc前後となし飽和硫酸第二鉄塩液（$Fe(NH_4)(SO_4)_2$）0.5 ccを加え之を指示薬としてN/50$(NH_4)CNS$で滴定をする（Acc）対照として同一試料を酸化することなく之に直ちに5 N—HNO_3 5 cc及びN/50$AgNO_3$液を加え以下上述と同じ処理をして滴定を行う（B cc）。

（A—B）cc値は所謂有機態塩素を表すことになるから

$$0.7092\text{mg} \times (A-B) \times \frac{478.5}{35.5} = AM \text{ mg.}$$

N/50 $AgNO_3$ 1cc = 0.7092 mg……Cl.

1）AM溶液（0.1 g/100 cc）の測定

純度90%といわれるAM粉末試料を用いて，0.1 g/100 cc濃度溶液を作り，その5 ccを用いて前記の方法により測定し同時に光電比色計により測定した値と比較した結果は第1表の通りである。

Table 1. Determination of aureomycin by the chemical method and by means of photoelectric colorimeter.

Analytical value	Chemical method.
0.087 %	Total chlorine = 12.4466 mg Unorganic chlorine = 6.0788 mg ∴ AM—Cl_4 = 12.4466−6.0788 = 6.3678 mg
Analytical value	Photoelectric colorimeter
0.086%	(安田誠一氏測定…大洋漁業研究室)

この表の示す通り両測定値はよく一致する。併し光電比色計で測定する場合 0.05 %前後が最も信頼出来る値を得るとのことで，事実溶液の稀釈度が測定値に大きな影響をあたえることは次の結果から明である。即ち上記試料を1/10及び1/20に稀釈した場合，比色計の読みは夫々0.0071%及び0.0032%の値を示した。しかし化学的方法には此の様な缺点はない。

2）塩化銀沈澱の可視限界

此の化学的方法は塩化銀の沈澱反応を基礎にしているのであるから，塩化銀として白色沈澱を認め得る最少量の塩素含量を知つておく必要がある。硝酸酸性にしたN/50 $AgNO_3$10 cc溶液にN/50NaClを滴加して白色沈澱を生ずる最少量を求めて反応液1 cc中の塩素量を算出した所2.36γ (as Cl) /1 cc反応液が限度であることを知つた。

3）酸化剤$KMnO_4$（4 g/100 cc）5 ccの酸化限界

アルカリ性に於て5 ccの$KMnO_4$の有する酸化限界を知るため，AM試料のcc数を変えて夫々酸化し総塩素量を求め第2表（a.b）の如き結果を得た。この表の示す様に試料の倍数に応

Table 2. The maximum limit of oxydation-capacity of oxidizer-5cc of $KMnO_4$ (4g/100cc) —.

(a)

Aureomycin solution (0.1 g/100 cc) cc	Total-chlorine (mg)
5	0.6378
10	1.3106
15	2.0151

(b)

Aureomycin solution (0.1 g/100 cc) cc	Totlal-chlorine (mg)
5	0.6404
20	2.5700
30	3.9756
40	4.9637

じて夫々比例的数値を得たが，AM40 ccの場合やや低い値であつた。即ち試料中の総塩素量が約100 mg以内の場合には正確なる値をあたえることを知つた。酸化液はAM液が増加するにつれ黄色を増す，之はAM分子中の芳香環の開裂が不充分になつてくるためと考えるが塩素原子はそれよりも容易に遊離されるということは測定値が夫々よく一致することからも明かである（この論文の大要は昭和31年5月日水中国・四国支部例会に於て発表した）。

NH_3 の Iodimetry に依る測定法の検討※

藤井　実 ・ 立川成章 ・ 西野イチ

Re-examination on the Iodimetry Applied to the Determination of Ammonia-Nitrogen

By

Minoru FUJII, Naruaki TACHIKAWA and
Ichi NISHINO

Authors re-examined the iodimetry applied to the determination of ammonia-nitrogen reported by Theorell, Rappaport and Levy, and then modified it somewhat on the quantities of reagents and conditions of reaction.

The results thus obtained by this modified method were very satisfactory until ca 0.5mg of ammonia-nitrogen in sample, when ammonia-nitrogen was oxidized with 10cc of hypobromous acid solution-0.07ml. as Br_2/100cc.

緒　　言

窒素の測定をする場合多くは窒素を $(NH_4)_2SO_4$ として捕捉した後水蒸気蒸溜法に依つて定量を行つている。併し試料の数が多い場合相当の時間を要する。又逆滴定を行うアルカリが N/28－NaOH及びN/100－NaOHの場合その1CCに相応する窒素量は夫々0.5 mg 及び0.14 mg であつて試料中の窒素量が，更に僅少の場合，N/100－NaOHより稀薄なアルカリで，滴定するには溜出液量が相当量に達するため，中和反応終末点が明瞭でなくなる。著者等は蛋白分解酵素の研究上，常に微小な窒素量を測定することが多いので，此の蒸溜法に代る方法を探究中の処 THEORELL[1]，RAPPAPORT[2] 及び LEVY[3][4] 等が提唱している Iodimetry 法は滴定液 M/100 $Na_2S_2O_3$ 1CC が窒素 0.0467 mg であり，窒素のより僅少な試料の測定に好都合であると思われた。併し原報告を見ることが出来なかつたので，此の方法の大要について検討を行い，若干の改変を行うことにより著者等の研究に使用することが出来ることを知つたので，その大要を報告する。

実 験 の 部

(1) 試　　薬

Ⅰ液…中和試薬－硼酸30.9 gを4 M－NaOH液1 ℓにとかしたもの

Ⅱ液…2.5 ccの臭素水と20 gの臭化カリを蒸溜水にとかして1 ℓにしたもの（着色瓶に入れ冷暗所に保存）

Ⅲ液…27.4 gの硼酸と4 M－NaOH 100 ccを混じ蒸溜水を加えて1 ℓにしたもの

※ 水産講習所研究業績 第213号

Ⅳ液…20 g沃度カリを蒸溜水にとかし100 ccとしたもの（30%NaOH 1 滴を添加し，冷暗所に保存）

Ⅴ液…6 M H_2SO_4液

Ⅵ液…1 %可溶性澱粉液

Ⅶ液…M/100 $Na_2S_2O_3$液

（2） 操　　作（改変法）

含窒素試料（溶液）に濃硫酸約10cc及びK_2SO_4及び$CuSo_4$の混液の少量を加えて分解し，その分解液を 100 cc にする。予め三角瓶（100 cc容）にⅠ液 1.7 cc 及び緩衝液（pH10）10 cc を入れて氷水中に冷却したものに上記分解液2 ccを添加してNH_3を遊離させ，これにⅡ液及びⅢ液を 2 : 5 の容量比で混ぜた液 10 cc を加えて室温に2分間以上放置して，次亜臭素酸のNH_3酸化を完全に行わさせる。（反応液のpHは9～11の間にある）次に三角瓶を氷中に入れてⅣ液を 2 cc 添加し直ちにⅤ液を約1 cc徐々に加えて硫酸酸性とし遊離してくる沃度をⅥ液を指示薬として，Ⅶ液で滴定する（accとする）。同時に試薬のみで同様の滴定を行つて blank 値とする（bccとする）。

然るときは

試料中の窒素量(mg)＝0.0467 mg×(b－a)×F

（F：M/100 $Na_2S_2O_3$のFactor
M/100 $Na_2S_2O_3$ 1 cc＝0.0467 mg N）

（3） NH_3の酸化に必要な NaBrO 溶液の濃度の限界

NH_3源として（NH_4）$_2SO_4$（1 cc＝0.0504 mgN）を用い，そのcc数を変えることによりNH_3-N 量を変えたものに夫々 NaBrO液5 cc及び10 ccを添加した場合に於ける M/100 $Na_2S_2O_3$溶液の滴定値を求めその滴定数よりN量を求め，これと理論値との比を算出した。此の結果は第1表及び第2表の示す通りである。

Table 1. Oxidation of NH_3 with 5cc of hypobromous acid (0.07cc as Br_2 in 100cc).

$(NH_4)_2SO_4$cc　Sample	2	5	7	10
N mg. (Calculated value)	0.1008	0.2520	0.3528	0.5040
Titration value of thiosulfate(Acc)	8.054	5.094	3.072	0.354
(K—A)cc cc of thiosulfate correspond to NH_3-N.	2.186	5.146	7.168	9.886
N mg. Correspond to NH_3-N (Observeds value)	0.1016	0.2515	0.3333	0.4595
$\frac{\text{Observed value}}{\text{Calculated value}} \times 100$	100.07	99.80	94.41	91.17

K : cc of thiosulfate of blank test.

Table 2. Oxydation of NH_3 with 10cc of hypobromous acid (0.07cc as Br_2 in 100cc).

$(NH_4)_2SO_4$cc　Sample	2	5	7	10
N mg. (Calculated value)	0.1008	0.2520	0.3528	0.5040
Titration value of thiosulfate(Acc)	17.416	14.146	11.825	8.846
(K—A) cc cc of thiosulfate corresponds to NH_3-N.	2.158	5.428	7.749	10.728
N mg. Correspond to NH_3-N. (Observeds value)	0.1008	0.2535	0.3619	0.5010
$\frac{\text{Observed value}}{\text{Calculated value}} \times 100$	100.00	100.60	102.58	99.40

K : cc of thiosulfate of blank test.

この2表の結果から次のことが明かである。NaBrO液のNH_3に対する酸化作用は室温程度の温度の場合NaBrO量はNH_3の酸化に必要な当量以上相当に過剰量存在しなければ充分でないことを示している。即ち残留NaBrO の $Na_2S_2O_3$ (N/100) による滴定値が約5cc以上あればよい。即ちNaBrO液5ccを用いた場合窒素量が約0.25 mg 迄は良い結果をあたえているがそれ以上の窒素量になると測定値の低下を示す。然るにNaBrO液を10 ccにした場合窒素量が0.5 mg のものに於ても尚満足すべき結果をあたえている。従つて著者等の実験条件に於ては試料中の窒素量が約0.5 mg 迄は正確な結果を得ることを知つた。

文　献

1) THEORELL, H. and G. WIDSTROM : 1931. Z. gas, exptl., **75**, 692.
2) RAPPAPORT, F. and GEIGER : 1934. Klin. Wochschr., **13**, 563.
3) LEVY and A. H. PALMER : 1940. J. Biol. Chem., **136**, 57.
4) 赤堀　四郎 : 1956. 酵素研究法—I.

魚類プロテアーゼに関する研究—VII.

ビンナガ鮪及び鰮幽門垂プロテアーゼの酵素化学的性質（II）※

作用力の比較及び作用力に及ぼす防腐剤（5–nitro–2–furfural-semicarbazone:Chlortetracycline）の影響に就いて

藤　井　　実

Studies on the Protease of Fishes—VII

On the Enzymatic and Chemical Properties of the Protease in Pyloric Appendage of Albacore *Thunnus alalunga* and Sardine *Sardinops melanosticta* (Part II)

Comparison of Proteolytic Activity of Pyloric Appendage of Albacore and Sardine with that of Trypsin-preparation and Influence of Antibiotics as 5-nitro-2-furfural-semicarbazone and Chlortetracycline on the Proteolytic-Activity

By

Minoru FUJII

Proteolytic activity of powder preparation from pyloric appendage of albacore was stronger than that of trypsin-preparation from sardine and pancreas of pig.

Influence of antibiotics as chlortetracycline (aureomycin) on the proteolytic activity of pyloric appendage of albacore was stronger than that of 5-nitro-2-furfural-semicarbazone (furaskin) : decrement of proteolytic activity by means of aureomycin was ca. 24 % in concentration of 30 % ppm, ca. 31 % in concentration of 50 ppm under the conditions of temperature of reaction : 40°C, time of reaction : 1 hour ; and in case of furaskin decrement of proteolytic activity was ca. 14% in concentration of 50 ppm under the conditions of temperature of reaction : 35°C, time of reaction : 24 hours.

ビンナガ鮪及び鰮幽門垂より製した粗酵素標品の作用力を，市販トリプシン標品の犬と比較し，5—nitro—2—furfural-semicarbazone（フラスキン…F.と略す）や Chlortetracycline（オーレオマイシン…AM. と略す）のような抗菌性物質が該酵素作用に及ぼす影響を検討したのでその結果を報告する。

※ 水産講習所研究業績 第214号

実 験 の 部

1）試料粗酵素標品と市販トリプシン標品との作用力の比較

鮪及び鰮酵素試料及市販酵素標品の0.2 gにpH 8.5緩衝液20 ccを添加し常温で1時間抽出し遠心分離により得る上澄液の一部を酵素試料として用い酵素液1 ccに対する作用力を検し，別に一部の酵素液を使つてその蛋白態窒素を測定し蛋白態窒素 1 mg に対する作用力を算出した。第1表，第2表）又鰮とトリプシン剤の比較を大島[1]氏法で測定した（第3表）

Table 1. Comparison of proteolytic activity of pyloric appendage of albacore and sardine with that of trypsin preparation.
Conditions : Temp. of react. 40°C., Time of react. 1 hr., substrate. casein.

Sample	Proteolytic activity (Nitrogen-mg × 10^{-3}) / 1cc of enzyme solution	Proteolytic activity (Nitrogen-mg) / 1mg of protein-nitrogen.
Albacore	14417.3	54.97
Sardine	6932.5	64.73
Trypsin	12243.5	68.55

Table 2. Content of protein-nitrogen in 1cc of enzyme solution extracted from 0.2g of powder of pyloric appendage with 20cc of buffer solution of pH 8.5.

Albacore (N.-mg × 10^{-3})	Sardine (N.-mg × 10^{-3})	Trypsin-preparation (N.-mg × 10^{-3})
262.26	107.16	178.60

Table 3. Comparative proteolytic activity of powder of pyloric appendage of sardine with that of trypsin preparation by means of Oshima's method
Conditions : Temp. of react.35°C., time of react. 1hr., substrate. casein.

Division / pH	Comparative activity of pyloric appendage of sardine	Comparatvie activity of trypsin preparation
8.2	1150	1500
8.5	1250	2500

次に鮪標品の pH 5 及び 8.5 の条件に於ける作用力を同条件に於てトリプシン標品と比較して第4表の結果を得た。

Table 4. Comparison of proteolytic activity of pyloric appendage of albacore with that of trypsin preparation.
Conditions : Temp. of react. 40°C., time of react. 1hr., substrate. casein.

Sample	pH 5 / Proteolytic activity (Nitrogen-mg × 10^{-3})	pH 8.5 / 1 cc of enzyme-solution
Albacore	6037.0	10302.5
Trypsin	4197.5	9895.0

又両酵素試料0.05 gにpH 8.5の緩衝液50 ccを添加して得た上澄液2 ccを用いて18時間反応させた場合の作用力の比較を行つたが，其の結果は第5表の示す通りである。尚此の場合飽和F液10cc及びトルオール5 ccを添加して細菌の汚染を防止した。

Table 5. Comparison of proteolytic activity of pyloric appendage of albacore with that of trypsin preparation.
Conditions : Time of react, 18 hrs., temp. of react 40°C.

Sample	Proteolytic activity (Nitrogen-mg $\times 10^{-3}$) /1cc of enzyme solution
Albacore	2949.3
Trypsin	2267.8

以上の諸実験結果から次のことが考えられる。大型魚であるビンナガ鮪の幽門垂プロテアーゼは小型魚である鰮の夫よりも強力な作用力を有する。而も此の実験では豚のような陸棲動物の内臓から製造された酵素剤よりも強力な値を示した。これに対して蛋白態窒素1 mgに対する作用力はトリプシン製剤に対して魚類酵素試料は80～90 %前后の値を示した。鮪試料の蛋白態窒素は他の二者のいづれよりも多く従つて1 mg当りの作用力は逆に低下した。鰮の場合1 cc当りの作用力は一番弱かつたが1 cc中の蛋白態窒素も一番低い値を示したので1 mg に対する作用力は鮪の夫より大となつた。又反応溶液のpHが作用力に及ぼす影響をみるに pH 5の場合鮪に於ては pH 8.5の場合の作用力の60 %を保有した。これに対しトリプシン製剤ではその影響が著しく作用力は40%に低下した。この点からトリプシン製剤は相当に所謂不純蛋白質を除去せられているためpHに対し非常に鋭敏になつているのであろう。これに反し魚類酵素標品がpHに対し抵抗性強く又長時間の反応に於てトリプシン製剤の作用力を凌駕したことは魚類プロテアーゼが陸棲動物プロテアーゼよりも pHの変化及び温度に対して強い抵抗性を有するためであるとか，或は試料中の混在物のプロテアーゼ作用力に対する保護的作用に依るもの等考えられるがこの点は後日の研究に譲る。

2）抗菌性物質の影響

魚類プロテアーゼ作用に対する抗菌性剤の影響に就ては未だ研究報告がないようである。著者は実用的見地からフラスキン及びオーレオマイシン両剤のプロテアーゼ作用力に及ぼす影響を実験した。

a）フラスキンの影響に就いて

試料として鰮幽門垂粉末を用い此の水抽出液にF．飽和液10 ccを添加し全反応液を50ccとなし（Fの濃度：1/20,000）所定のように処理して第6表の結果を得た。

Table 6. Influence of Furaskin on proteolytic activity of pyloric appendage of sardine,
Conditions : Temp. of react. 35°C., time of react, 24 hrs.

pH		7	8	8.5
Non add. F. (A)	NH_2-N. mg $\times 10^{-3}$	136.6	194.6	225.3
Add. (50ppm) F. (B)		130.9	174.1	193.5
Decrement of activity (A)－(B) / (A) ×100		4.0	10.5	14.1

即ち此の表から酸性側に於てF (50 ppm) の添加無添加両区とも作用力に於いてあまり差異がみられないが，アルカリ側に於て添加区は無添加区に比し約10～14％前后の作用力減を来していることを知る。

b) オーレオマイシンの影響に就いて

0.1％AM溶液を反応液に適量添加して反応液に於ける其の濃度が夫々20,30及び50 ppmになるようにして無添加の対照区と作用力を比較した。試料として鮪幽門垂粉末を用いて，作用時間を1時間とした。実験結果は第7表の示す通りである。

Table 7. Influence of aureomycin on proteolytic activity of pyloric appendage of albacore.
Conditions : Temp of react. 40°C., time of react. 1hr.

AM. Concentration ppm	20	30	50	Control Non-add. AM.
Soluble-total-nitrogen mg × 10^{-3}	264.7	190.2	171.7	248.8
Decrement of activity %	−6	23.5	30.9	

第7表の示す所に依ると 20 ppm のような低濃度の場合短時間のためか殆ど影響しないように見えるが,30 ppm以上になると相当強く抑制的影響をあたえる。即ち30 ppmの場合約24％減，50ppmの場合約31％減を示した。

上述のように2つの抗菌性物質のプロテアーゼ作用に対する抑制的影響は両者に対する実験条件がやや異るので厳密な意味での比較は出来ないが，AMが強いことは推定出来る。此の実験的事実はAMが魚肉の鮮度保持に著効をあげている事実の科学的裏付をなすものであろう。

即ち魚肉プロテアーゼ作用を抑制することに依り魚肉蛋白の変質を遅延する事実(2)（未発表）から従つて細菌の附着繁殖を妨げ，更に細菌のプロテアーゼ系酵素活動をも抑制することによりAM処理の魚肉は細菌に対し二重に完全に保護されるものと考えられるからである。

総　　括

1) 鮪幽門垂よりの粗蛋白酵素標品の水抽出液の作用力は市販のトリプシン製剤の夫より強力であつた。又酸性側に於ける (pH_5) 作用力及び長時間の反応に於ても同様な結果であつた。併し酵素液中の蛋白態窒素1 mgに対する作用力はトリプシン製剤の80％程度であつた。

2) フラスキン，オーレオマイシンのような抗菌性製剤を添加した場合該酵素に対する影響はフラスキンの場合（濃度：50 ppm）24時間の反応に於てpH 8.5のとき約14％の減少であるがpH 7では4％の減少を示した。これに対しオーレオマイシンの場合，作用時間1時間に於てpH 8.5では30 ppm の濃度に於ては約24％，50 ppmの濃度に於ては実に31％の阻害作用を受けたが20 ppmの場合は作用時間が1時間と短かつたためか其の影響は殆ど見られなかつた。

（此の論文の一部は1956年の日本水産学会秋季大会に於て発表したものである)。

文　　献

1) 大島　幸吉：1950. 水産化学実験法. p. 325.
2) 藤井　実・冨田輝雄：魚肉の変質に関する研究（2). 未発表.

pH及び農薬のドジョウに及ぼす影響に就いて※

久保田善二郎・早山万彦・栗山烝治

Influence of pH and Agricultural Chemicals on the Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)

By

Zenziro KUBOTA, Kazuhiko HAYAMA and Zyōzi KURIYAMA

The loach is one of the most important fish in fresh-water fish of Japan, but recently it is thought that multiplication of the loach will suffer an evil influence by using agricultural chemicals (D. D. T., Folidol, B. H. C. etc.).

In this report, having studied the lethal concentration of loach for agricultural chemicals (D. D. T., Folidol, B. H. C., etc.), authors came to conclusions as follows.

1) The lethal concentration of the loach shows 3.7~3.8 value of pH in acid-side, 10.7~10.8 in alkali-side, $\frac{1}{3000}$ ~ $\frac{1}{3500}$ (13~15 ppm) in Folidol, $\frac{1}{2000}$ ~ $\frac{1}{3000}$ (10~15 ppm) in B. H. C. (powder), $\frac{1}{7000}$ ~ $\frac{1}{8000}$ (25~29 ppm) in D. D. T. (emulsion), $\frac{1}{100}$ ~ $\frac{1}{200}$ (250~500ppm) in D. D. T. (powder), $\frac{1}{8000}$ ~ $\frac{1}{9000}$ (0.4~0.5 ppm) in SERESAN-SEKKAI, $\frac{1}{4000}$ ~ $\frac{1}{5000}$ (39~49 ppm) in Endorin (emulsion), $\frac{1}{8000}$ ~ $\frac{1}{9000}$ (56~63 ppm) in MARASON, and $\frac{1}{30000}$ ~ $\frac{1}{40000}$ (5~7 ppm) in RINO.

2) Generally, the lethal concentrations of large sized fish for agricultural chemicals are larger than those of small sized fish.

3) Comparing with various fresh-water fish (carp, smelt fish, rainbow-trout etc.), the lethal concentrations of loach for agricultural chemicals are larger than those of these fish.

4) It is thought that the loach will not suffer an evil influence within the scope of concentrations of agricultural chemicals, being used in a paddy field generally.

※ 水産講習所研究業績 第215号

緒　　言

ドジョウは食用，釣餌料，育雛餌料として利用され，淡水魚中の重要魚種の一つで，農山村の副業として相当の収益をあげている。然るに近年，水田に化学肥料及び農薬を使用するに及んで，他の淡水魚種と同様に被害を受けている事が想像される。筆者等は，かかる見地から一般に普及されている農薬を選んで，本魚に対する影響，特に致死限界濃度について究明した。

稿を草するに当り，御指導を賜った松井博士に深謝の意を表する。

材料及び方法

供試魚は山口県下関市吉見町の永田川及びそれに附帯する溝並びに池沼で採捕し，その後少くとも7日以上，50ℓ入りの壺の中に蓄養したものを使用した。

実験方法は先づ供試魚を魚体の大きさにより大型，中型，小型又は大型，小型の魚群に選別し，それ等を各濃度の供試液に混養して実験を行つた（第1—9表）。

Table 1. Body length (cm) of experimental fish for pH.

pH / Length of fish	2.0	2.6	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	4.0	4.2	10.2	10.4	10.5	10.7	10.8	11.2	11.5	12.0	12.5
Large-sized fish	14.5	14.1	14.4	12.1	14.9	13.9	14.1	13.2	13.5	10.8	11.5	12.2	11.5	11.0	12.3	12.0	13.1	13.8
Middle-sized fish	11.8	9.5	10.4	7.8	9.5	8.8	9.1	8.9	10.0	[illegible]	7.8	8.8	7.8	9.1	8.1	[illegible]	9.1	11.1
Small-sized fish	7.6	6.6	6.1	7.6	8.0	6.8	7.1	7.3	8.2	5.6	6.6	7.0	7.5	6.8	7.3	6.2	6.1	9.9

Table 2. Body length (cm) of experimental fish for folidol.

Concentration / Length of fish	1/5000	1/10000	1/15000	1/20000	1/25000	1/30000	1/35000	1/40000
Large-sized fish	11.2	11.9	10.5	11.3	11.0	10.5	13.2	11.9
Middle-sized fish	8.3	9.8	8.2	8.1	8.4	8.7	10.5	8.1
Small-sized fish	6.2	5.8	5.3	6.2	6.5	6.5	5.4	6.7

1/60000	1/80000	1/100000	1/300000	1/500000	1/1000000
10.6	10.4	10.2	[illegible]	[illegible]	10.5
7.4	8.6	6.8	[illegible]	[illegible]	6.9

Table 3. Body length (cm) of experimental fish for B. H. C. (powder).

Concentration / Length of fish	1/100	1/500	1/1000	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000	1/6000	1/7500	1/10000
Large-sized fish	13.9	12.9	11.0	10.8	10.6	10.5	11.4	11.2	10.4	11.2	11.5
Small-sized fish	6.8	5.4	8.2	8.6	7.4	8.7	8.2	7.5	7.3	8.3	7.9

Table 4. Body length (cm) of experimental fish for D. D. T. (emulsion).

Concentration / Length of fish	1/100	1/500	1/1000	1/3000	1/4000	1/4000	1/5000	1/6000	1/7000	1/8000	1/9000	1/10000	1/15000
Large-sized fish	11.5	11.7	10.8	13.1	12.1	12.5	11.2	11.8	12.2	11.3	12.4	11.7	12.7
Small-sized fish	9.2	7.3	7.1	7.5	7.8	7.6	8.2	6.8	6.8	7.2	7.5	7.4	6.9

Table 5. Body length (cm) of experimental fish for D. D. T. (powder).

Concentration / Length of fish	1/80	1/100	1/200	1/250	1/300	1/500	1/500	1/750	1/1000
Large-sized fish	12.3	10.7	10.5	10.8	10.4	10.5	10.9	11.1	10.6
Small-sized fish	7.3	6.9	6.7	7.2	7.2	6.9	7.9	7.1	7.2

Table 6. Body length (cm) of experimental fish for SERESANSEKKAI.

Concentration / Length of fish	1/50	1/100	1/250	1/500	1/750	1/1000	1/2000	1/4000
Large-sized fish	11.9	10.8	10.6	10.4	10.2	10.5	13.2	11.5
Small-sized fish	8.7	8.4	7.4	8.6	6.8	6.5	8.2	6.8

1/6000	1/7000	1/8000	1/9000	1/10000	1/20000
11.1	10.8	9.1	10.3	10.2	10.9
7.7	6.9	6.4	7.4	6.8	7.2

Table 7. Body length (cm) of experimental fish for endorin (emulsion).

Concentration / Length of fish	1/100	1/500	1/800	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000	1/6000	1/10000	1/50000	1/100000
Large-sized fish	13.7	12.3	11.1	12.2	13.9	12.5	10.8	11.5	12.3	12.3	11.9	12.0
Small-sized fish	8.2	7.8	9.9	7.9	8.9	8.4	8.8	7.4	7.8	8.6	7.5	9.2

Table 8. Body length (cm) of experimental fish for MARASON.

Concentration / Length of fish	1/100	1/500	1/1000	1/2000	1/4000	1/6000	1/8000	1/10000	1/15000	1/20000
Large-sized fish	10.5	10.4	9.5	9.8	9.2	10.1	8.9	9.2	9.8	10.2
Small-sized fish	6.7	7.2	7.8	7.1	6.8	6.9	7.6	7.6	6.9	7.1

Table 9. Body length (cm) of experimental fish for RINO.

Concentration / Length of fish	1/100	1/500	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000	1/8000	1/9000	1/10000	1/10000
Large-sized fish	12.6	11.9	10.4	12.3	10.5	10.0	9.6	9.8	8.8	10.8	11.6
Small-sized fish	9.3	8.0	7.6	9.1	8.6	6.8	6.8	8.6	7.1	7.2	7.9

1/15000	1/17000	1/20000	1/25000	1/30000	1/35000	1/40000
8.9	11.4	10.9	8.5	9.9	9.3	9.1
7.5	7.4	6.9	7.1	7.0	7.1	6.8

pHに関する実験方法は富山・井上両氏の考案した流水式装置[8]を使用し，致死時間は，供試魚が水底に横臥，又は倒臥して鰓蓋の開閉運動を停止し，先端の尖つたガラス棒で刺戟を与えても，反射作用を示さなくなつた時迄とし，致死限界濃度は24時間以上生存した場合の濃度でもつて示した。

農薬に対する抵抗実験は止水式で行つた。即ち供試薬品を池水で種々の濃度に稀釈し，それを内径29cm，高さ18cmのガラス水槽に4ℓ宛入れ，供試魚を放養後，pHの場合と同様な方法で致死時間を求めた。致死限界濃度はB．H．C．，セレサン石灰，リノー，D．D．T．乳剤，同粉剤，マラソンでは48時間，ホリドール，エンドリンでは72時間以上魚が生存した場合の濃度でもつて示した。

供試農薬の詳細については下表の通りである。

種類	農林省登録番号	製造工場	成分
セレサン石灰(粉剤)	2178	三笠産業株式会社	酢酸フエニル水銀 (0.4%) 水酸化カルシウム等 (99.6%)
エンドリン乳剤	2200	日本農薬株式会社	エンドリン (19.5%) 有機溶剤，乳化剤等 (80.5%)
D．D．T．乳剤	3	日本農薬株式会社	工業用D．D．T．(20%) 有機溶剤 (50%) 硫酸化油 (30%)
D．D．T．粉剤	649	日産化学工業株式会社	D．D．T． (5%) タルク・クレー硅藻土等 (95%) 粉末度 (300メッシュ以上)
リノー乳剤	1515	日本農薬株式会社	アルキルフエノールポリエチレングリコールエーテル (20%) リグニンスルホン酸塩 (12%) アルコール (68%)
メチル乳剤	2308	日本化学工業株式会社	ジメチル・ジチオホスフエート } (50%) 溶剤・乳化剤 (50%)
ホリドール乳剤	1357	三笠化学工業株式会社	ジエチル・パラエトロフエニール・チオフオスフエート } (46.6%) 特殊乳化剤 (53.4%)
B．H．C．剤	808	三共株式会社	γ体B．H．C．(1%以上) γ体以外のB．H．C． 硅藻土 } (99%以下) タルク

実験結果

1　**pHに対する実験**（実験期間，'55年10月5日～12月7日，測定水温，12°～17°C）

pHと致死時間との関係は曲線で示され，魚体の大きさにより相当の差異が認められる。同一

濃度に於いては，大型魚の方が小型魚よりも致死時間が長い（第1図）。

致死限界濃度は酸性域では，pH3.7—3.8で，pH4.0では実験終了時の姿勢は正常であつた。又，アルカリ性域では，pH 10.7で大型魚は23時間30分，小型魚はその約1/2の12時間30分にして斃死したが，pH 10.5の各魚群は何れも正常であつた。

放養後の魚の状態は，酸性域とアルカリ性域とでは非常に差異があり，前者では放養後，頭部を水面上に出して激しく狂奔，或いは跳躍し，酸性が強い程，粘膜は短期間に剝離する。これに反して後者では，放養後，活潑な動作は見られず，容器の底部に静止し，先づ吻端に続いて各鰭の基部，最後に鰓が充血し，死に至る。そしてこの現象はアルカリ度が強い程顕著である。

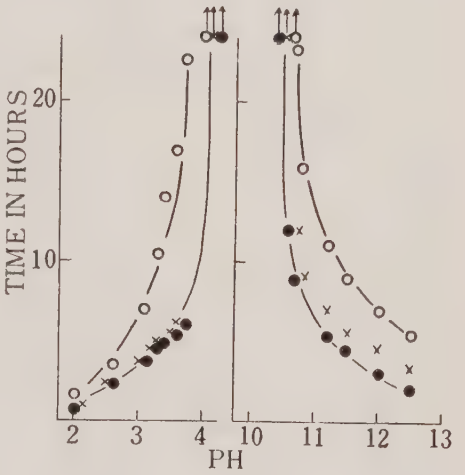


Fig. 1. Relation between value of pH and time required to death of fish, where hollows being large-sized fish: crosses; middle-sized fish: blacks; small-sized fish: arrows; survivals.

2　**ホリドールに対する実験**（実験期間，'55年12月14日～12月18日，'56年2月9日～2月13日，測定水温，4°～8°C）

濃度と致死時間との関係は曲線で示され，そして魚体の大きい個体程抵抗力が強い。

W. Ostwald[3]は，濃度（M）と致死時間（T）との関係は，吸着毒作用式 $\frac{1}{T}=KM^P$ で示されるとした。本実験結果から $\frac{1}{T}$ とMとの対数を求め，図示すれば直線となり，さきの式は適用され，大型魚群ではK＝1658.5，P＝1.136，又，小型魚群ではK＝1665.8，P＝1.096を得た（第2図）。

致死限界濃度は1/30000～1/35000（13～16ppm）である。

魚の状態は，放養と同時に活潑に動作し，強濃度群程空気呼吸の回数が多い。その後漸次活動は弱まり，横臥或いは伏臥し，体を"く"の字型に曲折し，この動作が弱まるにつれて死に至る。実験終了時に於ける生存魚の状態は，1/100000（5 ppm）以上の濃度では全魚群に影響が見られ，横臥又は仰臥する魚も見られるが，この魚を正常水に放養すると，大部分の魚は生存を続けた。一方，それ以下の濃度では，全魚群共に正常で，影響はほとんど認められない。

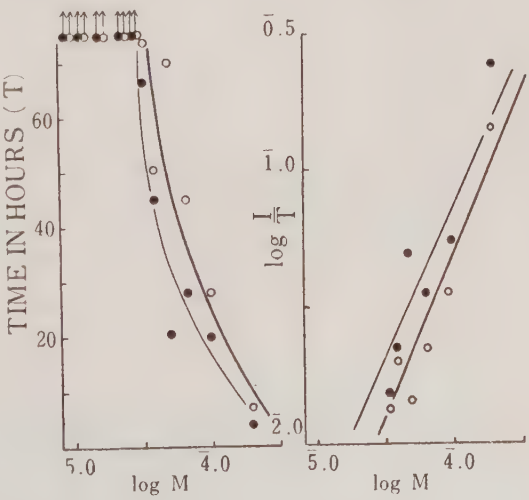


Fig. 2. Relation between concentration of folidol and time required to death of fish.

3　**B. H. C. 粉剤に対する実験**（実験期間，'55年12月16日～12月20日，測

定水温，10°～13′C°)

濃度と致死時間との関係は曲線で示され，全般的に魚体が大きい程，抵抗力が強いが，強濃度では，大きさによる差異は極く小さい（第3図）。

致死限界濃度は 1/2000～1/3000（10—15 ppm）である。魚の状態は，放養と同時に強濃度域では活潑な動作を行い，時々水面上に跳躍するが，間もなく"く"の字，又は"S"字状に体を屈曲させて横転するか或いは腹部を上にして容器の底部に沈み，鰓が充血する。実験終了時の生存魚の状態は1/5000（6 ppm）では小型魚は一時横転したが，漸時恢復し，又，その大型魚及び1/5000以下の濃度の各魚群は何れも正常であつた。

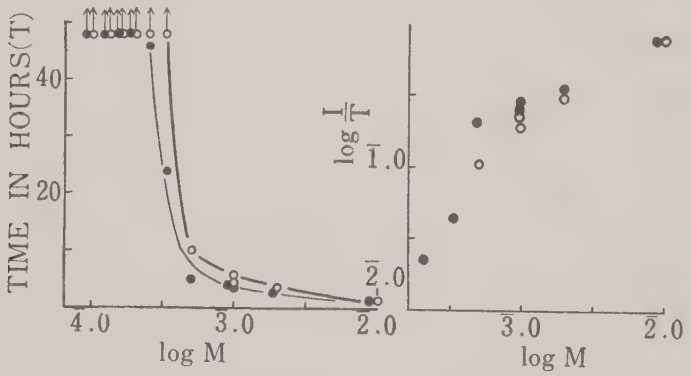


Fig. 3. Relation between concentration of B.H.C. (powder) and time required to death of fish.

4　D. D. T. 乳剤に対する実験　（実験期間，'56年1月24日—1月27日，測定水温，10°—13°C)

濃度（M）と致死時間（T）との関係は曲線となり，又，Mと$\frac{1}{T}$との各対数をとれば，直線で示され，両者間の関係は次式で現わされる（第4図）。

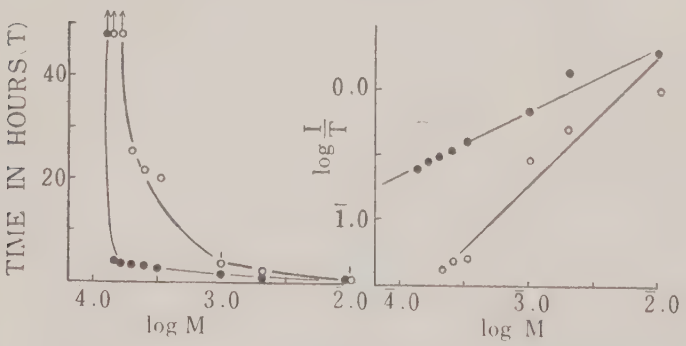


Fig. 4. Relation between concentration of D. D. T. (emulsion) and time required to death of fish.

即ち大型魚では $\frac{1}{T}=239.6M^{1.037}$

小型魚では $\frac{1}{T}=27.8M^{0.530}$

致死限界濃度は1/7000～1/8000（25～29ppm）である。

本実験では，魚体の大きさにより，その抵抗力に顕著な差異が認められ，大型魚の方が小型魚よりも抵抗性が強い。

魚の状態は，強濃度では，放養と同時に活潑な動作を行い，激しく跳躍するが，時間の経過と共に衰弱して，横臥，又は伏臥して死に到る。この際粘膜が剝離するが，その状態は酸性域及びエンドリン乳剤の場合と異り，非常に薄く，且，膜状に剝離する。体は膠着状態を呈し，腹部を内側に屈曲する。致死限界附近の低濃度では，真部に横転するが，時々頭部をもたげ，刺戟に対して非常に敏感で，ガラス棒の刺戟により激しく跳躍する。実験終了時に於ける生存魚の状態は，大体正常に近いが，時々痙攣的に体を動かすのが認められた。

5 **D. D. T. 粉剤に対する実験**（実験期間，'56年1月24日—1月28日，測定水温，10°～14°C）

致死限界濃度は1/100～1/200である（第5図）

魚の状態は，強濃度では，放養後激しく狂奔し，時には跳躍を行う。その後時間の経過と共に腹部を上にして，体を"S"字状に曲げて，表層に浮び，時々緩やかな游泳を行うが，最後には容器の底部に沈み死に至る。実験終了時に於ける生存魚の状態は，1/200（250 ppm）以下の濃度では顕著な変化は認められなかつた。

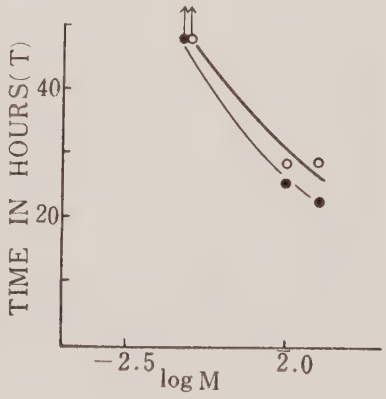


Fig. 5. Relation between concentration of D. D. T. (powder) and time required to death of fish.

6 **セレサン石灰に対する実験**（実験期間，'56年2月1日—2月4日，測定水温，9°—14°C）

濃度と致死時間との関係は，曲線で示され，大型魚の方が小型魚よりも若干抵抗力が強い（第6図）。

致死限界濃度は1/8000—1/9000（0.4～0.5 ppm）である。

魚の状態は，1/1000（4 ppm）以上の強濃度では，放養と同時に激しく狂奔するが，それ以下の濃度ではこの現象が顕著でない。強濃度域では，横転している魚に刺戟を与えると敏感に反応し，跳躍する。実験終了時に於ける生存魚の状態は，1/9000（0.4 ppm）では横転するが，時々正常な姿勢ともなり，又，1/20000（0.2 ppm）以下では，異常が認められなかつた。

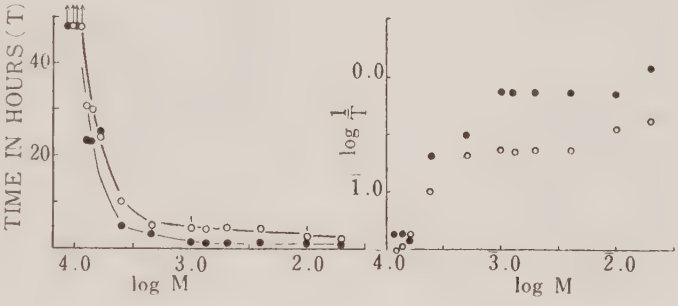


Fig. 6. Relation between concentration of SERESAN-SEKKAI and time required to death of fish.

7 **エンドリン乳剤に対する実験**（実験期間，'55年12月21日～'56年1月26日，測定水温，9°～13°C）

濃度（M）と致死時間（T）との関係は，第7図に示す通りで，これからして両者間の関係は次式で現わされる。

即ち大型魚では $\frac{1}{T} = 27.2M^{0.675}$

小型魚では $\frac{1}{T} = 9.6M^{0.403}$

死致限界濃度は1/4000—1/5000（39—49 ppm）である。

魚の状態は，強濃度域では，放養と同時に激しく狂奔し，遂には横転するが，その際底部に沈んでいても発作的に狂奔，又は跳躍を行う。体の粘膜は糊状に剝離し，体型は，大部分の個体が"く"の字状を呈する。実験終了時の生存魚の状態は，1/6000（32 ppm）では体を横

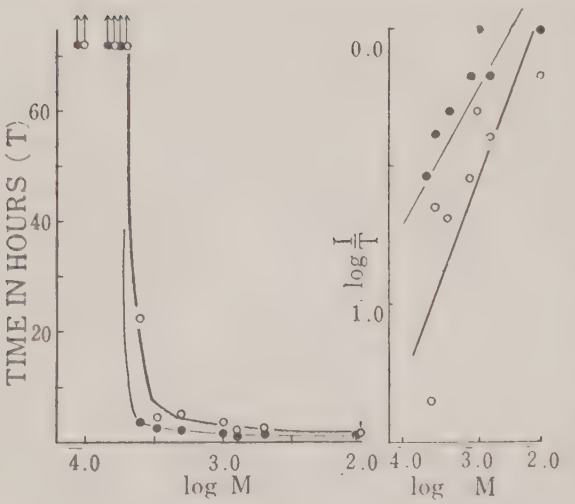


Fig. 7. Relation between concentration of endorin (emulsion) and time required to death of fish.

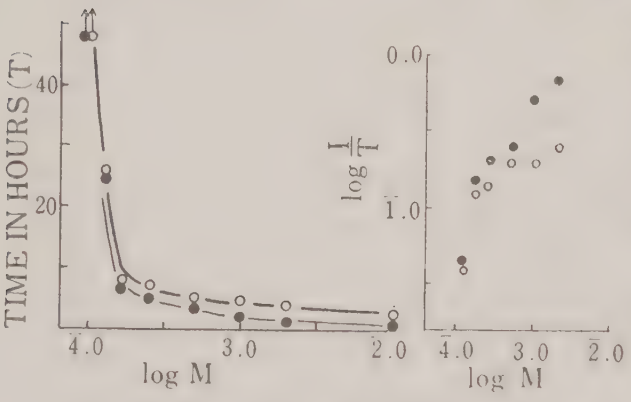


Fig. 8. Relation between concentration of MARASON and time required to death of fish.

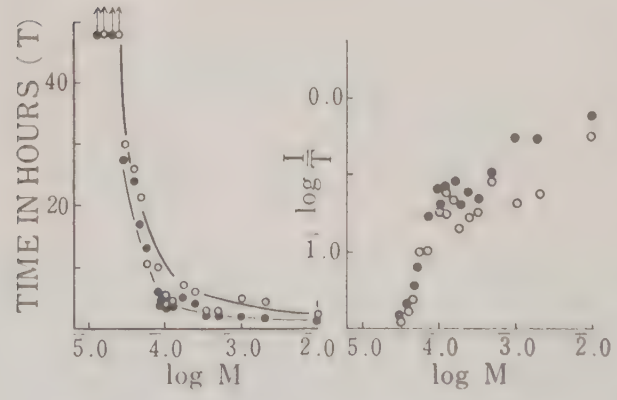


Fig. 9. Relation between concentration of RINO and time required to death of fish.

臥させ，頭部を痙攣的に動かし，又，1/10000（20 ppm）では僅かに体を屈曲させて横臥し，体の一部を終始動かし，時々游泳を行う，そしてこの状態は72時間を経過しても変化しない。

8　**マラソンに対する実験**（実験期間，'56年2月6日—2月8日，測定水温，9°—11°C）

濃度と致死時間との関係は，曲線で示され，魚体の大きさによるその差異は，ほとんど認められない。致死限界濃度は，1/8000～1/9000（56—63ppm）である（第8図）。

魚の状態は，強濃度域では放養と同時に活潑に底部を泳ぎ，突発的に狂奔，又は跳躍を行い，体を痙攣的に動かしたり，又は屈曲させたりするが，体には特別な異常は認められない。実験終了時の生存魚の状態は，1/10000(50ppm)では大，小魚共に静かに底部に横臥し，1/20000（25 ppm）以下の濃度では正常である。これ等の生存魚を正常水に放養すると，かなり長期間，生存する。

9　**リノーに対する実験**（実験期間，'56年2月1日—2月7日，測定水温，8°～13°C）

濃度と致死時間との関係は，曲線で示され，魚体の大きさによる差異は顕著でない（第9図）。

致死限界濃度は 1/30000—1/40000（5—7 ppm）である。

魚の状態は，1/5000（40ppm）以上の強濃度では，放養と同時に激しく狂奔するが，それ以下の濃度では底部に静止する。強濃度域では，体の粘膜が薄く，且，僅かに剝離するが，この症

状は，ホリドールの場合と非常によく類似している。横臥している魚に刺戟を与えると，若干頭部をもちあげる程度で，反射作用は弱い。実験終了時に於ける生存魚の状態は，1/50000—1/100000（5—10 ppm）では横臥するが，それ以下の濃度では異常を認められなかつた。これ等の魚を正常水に放養すると，そのままの状態を保ち，漸時恢復の兆候が認められた。

考　　察

以上の諸実験結果から，各薬品のドジョウに及ぼす致死濃度を比較すれば，ホリドール乳剤及びリノー乳剤＞セレサン石灰及びマラソン乳剤＞D.D.T.乳剤＞エンドリン乳剤＞B.H.C.粉剤＞D.D.T.粉剤の順序で，強力に被害を与えるようである。

又，本実験結果と他魚種で行われて来た諸実験結果[1), 2), 4), 5), 6), 7),]とを比較すれば，ホリドール乳剤では，ドジョウが 1/30000～1/35000（13.3～15.5 ppm）に対して，コイ，1～25 ppm，小アユ，1.86 ppm，小ニジマス，1/100000，エンドリン乳剤では，ドジョウが1/4000～1/5000（39～～49 ppm）に対して，コイ，0.005～0.05 ppm，小アユ，0.002 ppm，D.D.T.乳剤では，ドジョウが1/7000～1/8000(25—29 ppm）に対してコイ，0.5～25 ppm，ニジマス，1/500000，B.H.C.では，ドジョウが 1/2000～1/3000（10～15 ppm）に対して，コイ，1/4000，小アユ，1/30000,小ニジマス，1/40000,マラソン乳剤では，ドジョウが1/8000～1/9000（56～63 ppm）に対してコイ，1～25 ppmで，ドジョウはこれ等の薬品に対する抵抗性に於いて，コイ，アユ，ニジマスよりも強いことが考えられ，板沢，羽生両氏[1)]が monofluoroacetamide 及び DDVP 並びに Chlorthion に対する抵抗性に於いて，ドジョウ，コイ，タマミジンコの順位に抵抗力が強いとした結果と一致する。

農薬の水田水中に於ける濃度は，黒田他2名[2)]によれば，ホリドール乳剤，0.7 ppm，B.H.C.粉剤，1.4 ppm，D.D.T.乳剤，2.3～0.4 ppm，同粉剤，2.4 ppm，エンドリン乳剤，2～0.6 ppm，マラソン，1.4～0.7 ppmで，これ等の濃度とドジョウの致死濃度とを比較すれば，何れも後者の方が大きく，随つて，一般に水田に使用される農薬濃度では，本魚に害を与えないことが思考される

摘　　要

1）　致死限界濃度は，pHでは酸性域,3.7—3.8，アルカリ性域,10.7—10.8，ホリドールでは1/30000～1/35000（13.3～15.5 ppm）B.H.C.粉剤では1/2000～1/3000（10～15 ppm）D.D.T.乳剤では1/7000～1/8000（25～29 ppm），同粉剤では1/100～1/200（250～500 ppm），セレサン石灰では1/8000～1/9000（0.4～0.5 ppm），エンドリン乳剤では 1/4000～1/5000（39—49 ppm），マラソンでは 1/8000～1/9000（56～63 ppm），リノーでは 1/30000～1/40000（5～7ppm）である。

2）　大型魚は小型魚よりも抵抗力が強い。

3）　ドジョウは，他の淡水魚種（コイ，アユ，ニジマス）と比較して，農薬に対する抵抗力が強い。

4）　ドジョウは，水田に使用される一般の農薬濃度では，被害を受けないと考えられる。

文　　献

1) 板沢　靖男・羽生　功：1956. 新しい農用殺虫剤の魚に及ぼす影響. 水産増殖, **4** (1), 11—18.

2) 黒田　竹弥・山田　正・舛田　卓男：1956. 農薬の魚族に対する毒性について. 水産資源, **2** (10), 8—13.

3) OSTWALD, W. : 1905. Studies on the Toxicity of the Sea-Water for Fresh Water Animals (*Gammarus pulex* DE GEER). Univ. Cal. Publ. Physiol., (2) 163—191.

4) 佐野　徳夫：1956. エンドリン乳剤の魚類に及ぼす影響. 水産増殖, **4** (3), 50—55.

5) 水産庁漁業調整第2課：1956. 農薬使用の水産生物に及ぼす被害について. 水産増殖要報, **1** (2), 1—7.

6) ——————：1956, 農薬使用の水産生物に及ぼす被害について (その二). 水産増殖要報, **2** (5), 1—9.

7) ——————：1956. 農薬使用の水産生物に及ぼす被害について (その三). 水産資源, **2** (11), 8—13.

8) 富山　哲夫・井上　明：1949. 水族に対する汚濁物質の影響をみる試験装置について. 日水誌, **15** (9), 487—490.

Studies on the Resistance of the Pearl Oyster, *Pinctada martensii* (DUNKER), against Changes of Environment

IV. On the Tolerance of the Oyster Considered from the Relation Between the Ciliary Movement and the Heart Beat ※

By

Hiroshi KOBAYASHI

There are many literatures on the studies of the resistance of the shell against environmental changes, however, in those studies except a few, the quantitative measurement of the activity of that animal has not been done and the definition of the death of it was indistinct, as the determination of the death has been carried out by a whole condition of the shell.

Therefore, some easy measurement for the determination of the death of the shell is required. Recently tolerance of bivalve for the environmental changes has been brought out clearly by the physiological aspects of indicators such as ciliary or shell movements and etc.. In my previous papers, resistance of pearl oyster against changes of environment was described from the ciliary movement of the gill and the pulsation of isolated heart, respectively. But relationships in the two results, and also between the results and those of other investigators were not detailed. This paper is concerned with these relations and considered on the tolerance or suitable condition for culture and transportation of the oyster from these relations.

I wish to express my gratitude to Dr. Professor N. Y. KAWAMOTO, Mie Prefectural University and Dr. Y. MATSUI, Director of the Nippon Institute for Scientific Research on Pearls, for their supporting of my work and for their kindness in revising this manuscript.

I am also greatly indebted to Mr. K. ICHIMURA, Chief of Yamaguchi Prefectural Outer Sea Side Fisheries Research Station, for supplying me with the material for this work.

Material and Methods

Pearl oyster, *Pinctada martensii* (DUNKER), used in this work was picked up from Senzaki Bay in Yamaguchi Prefecture. Shell length of the oyster is from 6

※ Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries No. 216.
Report of the Nippon Institute for Scientific Research on Pearls, No. 56.

to 7 cm and the age is from 2 to 3 years old. For measuring the physical activity of the ciliary movement, NOMURA-TOMITA's method was used, and the method for that of the heart beat was suspension method in the sea water in where the isolated heart was kept, and recorded on the Kymograph.

These methods employed were detailed in my previous reports. The most of experimental results in this report are quoted from the values related in those reports. However, more experiments were done again to investigate the effect of temperature on the heart beat, therefore the test of mean value was made by adding the fresh data.

Experiments were carried out in August of 1953.

Experimental Results

On the effect of temperature: All the observed values of ciliary movement and heart beat in relation to temperature are shown in Tables 1, a and b.

Table 1. a. Showing the observed values (mm/min) of speed in ciliary movement of pearl oyster in relation to temperature, and μ values calculated by Arrhenius' formula are also shown in this table.

Temp. °C. \ Exp. No.	1	2	3	4	5
13	3.4	—	4.6	—	3.7
14	3.5	—	6.2	—	4.3
15	—	4.0	—	4.1	6.2
16	4.1	—	8.3	—	6.7
17	7.8	—	—	6.2	8.0
18	9.4	6.7	10.6	7.8	8.4
19	—	—	—	—	10.1
20	14.1	12.6	13.5	—	10.5
21	—	—	—	11.2	—
22	—	15.5	16.7	14.2	—
23	19.7	18.6	—	—	—
24	—	21.0	18.5	13.9	—
25	19.8	—	20.2	—	—
26	20.4	24.9	—	16.8	—
27	—	—	23.	—	—
28	23.6	—	21.3	16.2	—
29	—	—	24.7	—	—
30	23.6	—	25.8	19.2	—
31	—	—	—	20.3	—
	μ=8,200	μ=15,600	μ=9,200	μ=7,400	
	μ=33,900	μ=33,300	μ=21,200	μ=16,700	μ=19,900

Each relation between temperature and activities on ciliary movement of the gill and heart beat, was considered with the application of Arrhenius' empirical formula (Fig. 1). Temperature characteristic, μ, and critical temperature resulted from the graph are shown in Tables 2 and 3.

It was tested by means of t-method under 1 % level of significance, whether the value of temperature characteristic calculated on the ciliary movement is the same or not to that calculated on the heart beat. Calculation was done as follows:-

Table 1. b. Showing the observed values (no./min) in heart beat of pearl oyster in relation to temperature, and μ values calculated by Arrhenius' formula are also shown in this table.

Temp. °C. \ Exp. No.	1	2	3	4	5	6	7	8
12	*	—	—	—	—	—	—	—
13	3.5	*	*	—	—	—	*	—
14	4.5	4.3	5.4	*	*	*	*	—
16	5.4	5.8	7.8	3.4	7.9	*	*	1.3
18	7.2	8.0	8.7	6.2	10.9	*	7.7	2.8
20	9.0	9.8	12.2	9.0	13.5	1.6	5.1	4.8
22	12.0	11.8	14.7	10.2	16.0	2.5	9.2	6.7
24	14.8	16.8	18.3	15.3	20.1	4.8	11.2	7.4
26	18.8	22.9	23.3	18.5	24.8	8.6	14.1	9.9
28	24.4	27.3	30.0	23.6	*	10.8	*	14.9
30	24.4	29.0	34.1	*	—	*	—	—
32	23.7	27.5	*	—	—	—	—	—
	μ=15,700	μ=12,400	μ=18,000	μ=21,600	μ=17,700	μ=43,200	μ=19,800	μ=26,200
	μ=22,000	μ=22,800	μ=18,900					

Note : Asterisks show that observation was ceased for the irregular pulsation.

Table 2. a. Showing the test on mean of μ values calculated from ciliary movement and heart beat (in range of lower temperature) of pearl oyster.

	Value of μ ($\times 10^3$)	Numbers of individual (N)	Degrees of freedom (n)	Mean
Ciliary movement (x)	33.9, 33.3, 21.2, 16.7, 19.9	5	4	25.0
Heart beat (y)	22.0, 22.8, 18.9, 21.6 43.2, 19.8, 17.7, 26.2	8	7	24.0

From Table 2. a,

$$F = Nx\,(Ny-1)(Sx)^2 / Ny\,(Nx-1)(Sy)^2 = 1.05$$

And from F-table,

$F_0 = 7.85$ (1% level of significance)

at $nx=4$, $ny=7$.

$\therefore F < F_0$

Therefore, hypothesis of $\sigma x = \sigma y$ can not be rejected.

Next, if homogeneity of mean is tested by t-method,

$$t = \frac{\bar{x}-\bar{y}}{S\sqrt{\frac{1}{Nx}+\frac{1}{Ny}}} = 0.215.$$

From t-table,

$t_0 = 3.106$ (1% level of significance)

at $n=11$.

$\therefore t < t_0$

and thus, hypothesis of $\bar{x}=\bar{y}$ can not be rejected.

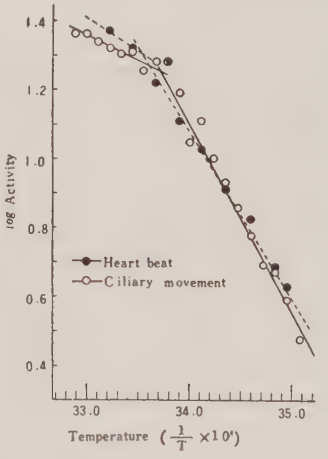


Fig. 1. Showing the application of Arrhenius' formula to the activities of heart beat and ciliary movement in pearl oyster, respectively. The abscissa represents the reciprocal of the absolute temperature.

Table 2. b. Showing the test on mean of value of μ calculated from ciliary movement and heart-beat (in range of higher temperature) of pearl oyster.

	Value of μ ($\times 10^3$)	Numbers of individual (N)	Degrees of freedom (n)	Mean
Ciliary movement (x)	9.2, 8.2, 7.4, 15.6	4	3	10.1
Heart beat (y)	18.0, 15.7, 12.4	3	2	15.4

$$F = Nx(Ny-1)(Sx)^2/Ny(Nx-1)(Sy)^2 = 1.56$$

And, from F-table $F_o = 99.17$ (1%) at $nx=3$, $ny=2$.

Because $F < F_o$, hypothesis of $\sigma x = \sigma y$ can not be rejected.

Next, the test of significance of the mean values is treated by t-method.

$$t = \frac{\bar{x}-\bar{y}}{S\sqrt{\frac{1}{Nx}+\frac{1}{Nv}}} = 2.05.$$

From t-table,

$t_o = 4.032$ (1%) at $n=5$.

$\therefore\ t < t_o$

and thus, hypothesis of $\bar{x}=\bar{y}$ can not be rejected.

According to these results, it may be said safely that no significant difference is discernible between both temperature characteristics. In range of higher temperature, values of μ on ciliary movement were larger than those reported in my previous paper,[6] but these discrepancy would depend on the results calculating from a few measurements in early experiment.

In critical temperature the similar tendency was also observed in each relation as shown in Table 3, but the strict agreement was not obtained.

Table 3. Showing the temperature (°C) of critical point taken from Arrhenius' formula as to activity of ciliary movement (C.M.) and heart beat (H. B.) of pearl oyster.

	Critical temperature (°C)		
C. M.	23—20	11	7
	23	11	6
	20	12	7
	24—23	13	
	23	12	
H. B.	28—30	26	13
		27	10
	30	24	12
		24	13
	30	26	13
		22	12

Influences of lower temperature on the ciliary movement and the heart beat were shown in Table 4. When experiment was treated at the temperature from 6°

to 7°C., the results of ciliary movement affected with cold temperature closely corresponded in 24 hours to those of the heart beat in the same hours.

Table 4. Influence of cold treated on ciliary movement and heart beat of pearl oyster. Relative value is mean of five individuals.

	Relative value				
Time of cold (hr.)	2	5	10	16	24
Ciliary movement (Relative speed %)	103.8	68.2	22.5	19.4	0
Heart beat (Relative work %)	74	94	72	81	0

Temperature ceasing the heart beat did not strictly agree with the temperature ceasing the crawling of the gill pieces by ciliary movement, however, it is interesting that a considerable degree of similarity is found between temperatures (12°—13°C) ceasing the heart beat and the critical point (12°—13°C) in lower temperature range of the ciliary movement,

On the effect of pH : Effects of pH on the ciliary movement and the heart beat give rise to changes in the course of time, therefore those effects were measured for more than 15 hours. By the results shown in Fig. 2, the change of pH of medium gives more remarkable influences in acid side than in alkali. In both subjects there is a inhibition of 50% in acid side at below about pH 6.5, while in alkali side there is rather accelerative action than inhibition. Moreover it is clear that the tolerance of ciliary movement is slightly weaker than that of the heart beat.

On the effect of low osmotic pressure: Experimental medium used in this work was prepared from sea water diluted with distilled water and the measurement was also continued for 15—20 hours as long as in the former experiment. It appeared that the ciliary movement and the heart beat showed still considerable activity in lower osmotic medium when dilution was slowly continued step by step. The tendencies that the activities of them began to affect in dilute sea water with 60—70% and ceased in it with 30—40%, were extremely similar in both subjects (Fig. 3).

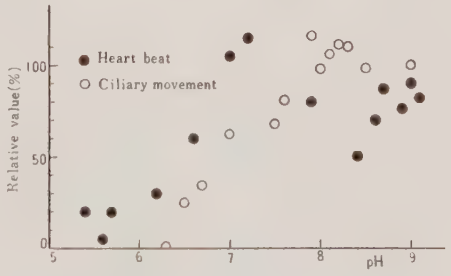


Fig 2. Influence of hydrogen ion concentration on the activities of the ciliary movement and heart beat of pearl oyster. Circles indicate the relative value after 15—20 hours.

If time for keeping in dilute sea water with 30—40%, which ceases the heart beat, is less than 24 hours, the heart beat recoveres within 10—15 hours when it is returned into the normal sea water, and also the relative work recovers to 80—

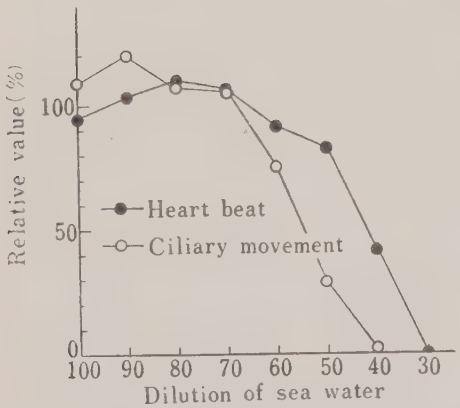


Fig. 3. Effect of dilute sea water on the ciliary movement and the heart beat of pearl oyster. The ordinate represents the relative value after 15—20 hours.

100%. It is also interesting that above mentioned result resembles the fact that gill pieces exposed to diluted sea water with 40% in 20 hours, stop their crawling by ciliary movement but recover the activity of the cilia when it is returned to normal sea water (Table 5).

Discussion

In application of Arrhenius' formula for temperature reaction, no significant differences were discernible in regard to the value of μ, temperature characteristic, between the ciliary movement and the heart beat by means of t-test.

Table 5. Recovery of ciliary movement (C. M.) and heart beat (H. B.) of pearl oyster affected by dilute sea water. (water temp. 16—21°C)

	Activity				
	in n. s. w.	in 40% s. w.	after returned to n. s. w.	Relative value %	Time submerged in 40% s. w.
C. M.	17.6	0.7	16.4	93.2	18 hrs.
	25.5	0.0	23.5	92.2	〃
H. B.	77	0	79.5	102.9	5 hrs.
	70	0	56.0	80.0	24 hrs.

Notes : Activity shows speed of the gill pieces in C. M. and work done by the heart in H. B., respectively.

According to CROZIER's theories it is said that biological process in temperature reaction is due to the enzyme action in protoplasma. Therefore, from the view point that temperature tolerance of living matter is based on the physical and chemical properties of protoplasma[9], it is thought that the temperature, which is characterized by Arrhenius' formula, is a fundamental thing for the life of the shell. Because the value of μ in the ciliary movement is recognized to be the same with that in the heart beat though the value is very variable, it might be thought that the temperature reaction is somewhat in common conditioned. By above mentioned reason Arrhenius' formula was applied to consideration of suitable temperature of pearl-oyster.

When these results are compared with the temperature tolerance of pearl oyster inferred by other workers (Table 6), it is interesting that in all cases the range of suitable temperature is nearly similar and the temperature of lower limit is divided in two groups (7°C and 13°C). Because the season of experiment

described in Table 6. is not the same, we have to regard the acclimatization for tolerance[7], therefore it will be thought that the temperature of lower limit is 7°C along the facts in below description. Moreover it is inferred that the suitable temperature is 13°—24°C from the following view points; pearl oyster takes hibernation during the temperature below 13°C[4], and the shell movement behaves inactively and irregularly in the temperature above 25°C.[11]

Table 6. Showing the temperature tolerance of pearl oyster inferred by various biological indicator.

	Suitable temperature (°C)	Lower limit (°C)	Observer	
Shell movement	15	13	S. KOBAYASHI,	1949
〃	25……15		E. SAWANO,	1950
Ciliary movement	23—24……12—13	7	Author,	1953
Heart beat	26……12—13	12—13	〃	1955
Whole animal		7	Mie Fisheries Institute,	1927
〃		7.5—8	N. UMEBAYASHI (Unpublished)	

Moreover, in summer experiments, the heart beat ceases at about 12°C, and also the crawling of gill pieces stops at about 7°C, on the contrary in winter experiments the reverse phenomena against above results are observed as shown in the following collected data.

Table 7. Showing the comparison of the activities against lower temperature with regard to the heart beat and the ciliary movement of the gill in pearl oyster.

	Temperature (°C)	6	8	10	12	14	16	18
In summer	Ciliary movement (mm/min)		0	1.0	1.7	4.2	5.9	—
		0	1.3	3.2	5.8	8.2	11.6	13.6
		0	0.5	1.3	3.0	4.3	—	—
	Heart beat (no./min)			0	4.1	5.5	7.9	10.9
			0	*	*	4.3	5.8	8.0
				0	*	4.5	5.4	7.2
					0	5.4	7.8	8.7
In winter	Ciliary movement (mm/min)				0	5.0	8.0	11.3
				0	1.0	2.8	4.9	6.2
				0	1.3	2.6	4.0	6.0
	Heart beat (no./min)	*	4.0	4.8	5.4	6.8	8.5	
		*	3.2	4.5	5.5	7.0	8.6	13.0
		*	*	*	6.8	9.0	10.9	
		0	3.5	4.8	5.8	7.5	10.5	12.4

Note : Asterisks show the irregular pulsation.

From these facts, it may be thought that both subjects are compensated for the activity to each other in the temperature tolerance at least.

Effects of coldness on the ciliary movement and the heart beat were observed to turn inactive within 24 hours of cold treatment (Table 4). These results corresponded with the fact that death-ratio of pearl oyster exposed to the room

temperature for 24 hours became to the maximum in winter. [5]

On the effect of pH or dilute sea water, all experiments were carried out in the course of long time until the activity disappeared or took equilibrium state. On account of reasons that the penetration of hydrogen ion or water will be performed slowly and remarkable time-reduction of the activity occurs in course of experiments (KOBAYASHI and MATSUI, '53, KOBAYASHI, '55), it may be suggested possibly that about pH 7.0 is the lower limit of the oyster life from present investigation. And also from these results it becomes clear that the tendencies suffering the influences and getting the lethal pH value in acid side are very similar to both subjects. And still in case of experiment above pH 7.0, the relative value of activity is larger than that of control experiment, but these physiological significances have not been understood.

Although the relation between the results of ciliary movement and those of the heart beat showed the same tendency against dilution of medium, the heart beat bears slightly stronger tolerance than cilia for lower osmosis (Fig. 3). In both subjects the decrease of activity was observed in degrees below dilution with 70% sea water, therefore, it seems that the dilution in 70% sea water will be lower side of suitable living osmosis. Because, the activities of both subjects rather increase for dilution up to 70% of sea water, so this increasing phenomenon perhaps will be due to the excitation by lower osmosis.

In following, I have tabulated the tolerances for low osmosis investigated by various biological indicators, although the experimental conditons were not the same.

Table 8. Showing the tolerance for low osmosis in pearl oyster, inferred by various biological indicator.

Indicator	Lower limit (salinity ‰, or sp. gr. σ_{15})	Water temp. (°C)	Observer	
Attaching power by byssus (in young)	13.5	25—27	R. YUKI,	1951
Ciliary movement	13.2	20—21	〃	〃
〃	13.0	20	Author,	1953
Heart beat	1.0070	26—27	N. Y. KAWAMOTO,	1954
〃	9.5	18—21	Author,	1955
Whole animal	1.010		Mie Fish. Institute,	1927
〃	1.010		N. UMEBAYASHI (Unpublished),	

Results of present experiments do not always mean the result of reaction that shell exhibits as a whole animal. But ciliary movement or heart beat is important as one of physiological factors controlling the vital activity of the shell, therefore these results will offer some fundamental data for the living conditions of pearl oyster and will give a presumption of the tolerance. Moreover these facts are convinced by the interesting comparison with results obtained by the other

workers as shown in Tables 6 and 8.

There is also a remarkable agreement in the results between the ciliary movement and the heart beat, so it will be thought that the tolerance may be inferred only by the activity of ciliary movement which is easily measured.

Summary

(1) On the effects of temperature, pH, and osmosis, the relation between the ciliary movement and the heart beat of pearl oyster was investigated.

(2) There existed remarkable agreements in their relations.

(3) Based on these results and on the comparison with the results obtained by other workers, the tolerance of pearl oyster was estimated.

(4) It may be thought that the tolerance of pearl oyster can be indicated by ciliary mevement alone.

References

1) OGAWA, Y., 1952 : Mortality of pearl-oyster as influenced by low temperature in sea water. Medicine and Biology, **24**(5), 174—179, (in Japanese).

2) GALTSOFF, P. S., W. A. CHIPMAN, J. B. ENGLE and H. N. CALDERWOOD, 1947 : Ecological and physiological studies of the effect of sulfate pulp mill wastes on oysters in the York River, Virginia. Fishery Bulletin, **43**, 59—186.

3) KAWAMOTO, N. Y. and E. MOTOKI, 1954 : Influence of Diluted Sea Water on the Pearl-oyster. Report of the Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, **1** (3), 346—354.

4) KOBAYASHI, S. and M. TOBATA, 1949 : Studies on Culture of Pearl. III. Activity of Pearl Oyster in Winter (1), (2). Bull. Jap. Soc. Fish., **14** (4), 196—202, (in Japanese with English summary).

5) KOBAYASHI, S., 1950 : Death-ratio, with Pearl Oyster were exposed to the Room-temperature in Winter. The Jour. Fuji Pearl Institute, **1** (2), 8—9, (in Japanese).

6) KOBAYASHI, H. and J. MATSUI, 1953 : Studies on the Resisting Power of Pearl Oyster, (Pinctada martensii) against the change of environment. I. On Ciliary Movement of the Gill. Jour. Shimonoseki College of Fish., **3** (2), 123—131, (in Japanese with English summary).

7) KOBAYASHI, H., 1955 : Studies on the Resisting power of the Pearl Oyster, Pteria (Pinctada) martensii (Dunker), against Changes of Environment. (2). On the Heart Beats. Ibid., **4**(1), 95—110, (in Japanese with English summary).

8) KOKUBO, S., T. TAMURA and K. HOJIK, 1934 : The effect of the pH on the heart beat of the oyster as determined by different kinds of acid and alkali. Jour. of Fisheries, No. 37, 1—34.

9) PROSSER, C. L., 1952 : Co nparative Animal Physiology, 341—380, W. B. Saunders Co., Phyiladelphia and London.

10) NOMURA, S. and G. TOMITA, 1933 : A simple method of measuring the mechanical activity of cilia. Jour. Shanghai Sci. Inst., sec. iv, **1** (1), 29—39.

11) SAWANO, E., 1950 : Shinzyugai no Chityû-yôshoku-hô no Kenkyû (Studies on pond culture of pearl oyster). Suisankenkyukaiho, **3**, 48—57, (in Japanese).

12) TAKATSUKI, S., 1927 : Physiological studies on the rhythmical heart pulsation in the

oyster, *Ostrea circumpicta* Pils. Sci. Rep. of the Tohoku Imp. Univ. (Biol.), **2** (3), 301—324.

13) YAGI, N., T. GAMÔ, 1942 : Ondo to Seibutsu, (Temperature and Living Matte). Yôkendo, Tokyo. (in Japanese).

14) YÛKI, R. and S. KOBAYASHI, 1951 : Miscellaneous Notes on Youngs of Pearl-oyster, II. The Jour. of the Fuji Pearl Institute, **2** (1 -2), 5—19, (in Japanese).

15) YÚKI, R., 1951 : Ciliary Movement of the Gill of the Pearl-oyster. I. Influence of Low Salinities. Ibid, **2** (1—2), 44—55, (in Japanese).

有明海産有用二枚貝の初期生活史 (II)※

ハイガイ，アゲマキ

吉　田　　裕

Early Life History of Useful Bivalves in the Ariake Sea (II)

By

Hiroshi YOSHIDA

Anadara granosa bisenesis

The prodissoconch is elongated form, and has serial minute teeth on hinge line, and possesses a pigment spot in body (Fig. 2. a—b) . These are the common characteristics with the veliger larvae of allied concurrent species *Anadara subcrenata* and *A. infrata*. But it can be distinguished from them by following characters:

a) The umbo is blunter and the height of prodissoconch is higher.

b) Number of the concentric lines on prodissoconch is about 7, which is fewer than that of any other two species.

c) When the full grown veliger attains to a length of 0.231mm, the velum becomes reduced into benthosic life.

d) The young shell bears nobs on radial ribs.

e) When attaining to a length of 0.4—0.5mm, young shell is furnished with about 20 radial ribs on shell surface (characteristics of this species).

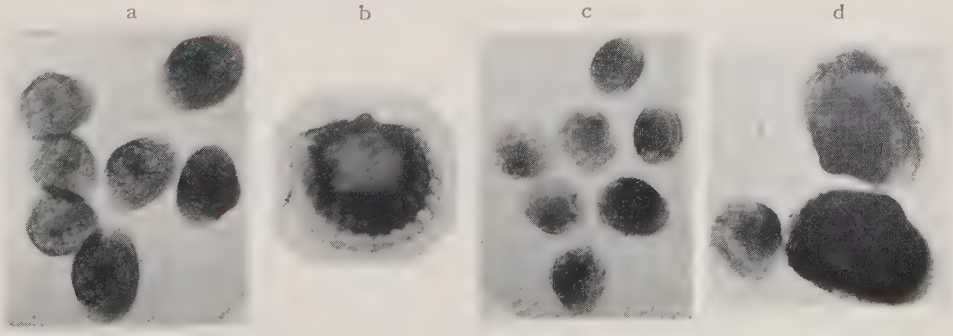


Fig. 1. Larvae and young shells.
a. *Anadara granosa bisenesis*, veliger larvae, 0.241mm×0.185mm—0.268mm×0.194mm.
b. Ditto, young shell, 0.60mm×0.56mm.
c. *Sinonovacula constricta*, veliger larvae, 0.23mm×0.18mm—0.29mm×0.22mm.
d. Ditto, young shells, 0.39mm×0.30mm—0.61mm×0.44mm.

※ 水産講習所研究業績 第217号

Sinonovacula constricta

There is each one notch on both edges of hinge line and external ligament is distinct in the prodissoconch (Fig. 3, a—b). When attaining to a length of about 0.30mm, the veliger ends free swimming stage into benthosic life (Fig. 3. c). The transformation of the shell in young growing period is remarkable. Through the more rapid growth of the posterior portion of the shell, the shell takes the form of elongated rectangle, as a result of which the umbo approaches remarkably toward anteriority (Fig. 3, j).

ハイガイ *Anadara granosa bisenensis* (Schenck et Reinhart)

ハイガイは相当美味で珍味と呼ぶ所もある。沿岸の比較的深い潟地に棲息し，古くから養殖されていて，かつては生貝のまま，中華民国に輸出されていた。近時は次第に減少し，産業的に纏つて獲れるのは有明海の佐賀県沿岸及朝鮮半島の南西岸等で，其他愛知県，岡山県，山口県等の沿岸に僅少の分布を見るに過ぎない。筆者は昭和30年及び31年の夏8～9月，有明海に面する佐賀県鹿島市浜町の沿岸で本種の稚仔に就いて追究を試みた。此の研究に当り佐賀県水産試験場有明海分場長脇田二郎氏他場員各位，西海区水産研究所浜試験地池末敦氏及び田中弥太郎氏等からは多大の御支援と便宜を与えられたことを深く感謝する

浮 游 仔 貝

浮游仔貝の種の同定の方法は従来と同じく底棲初期の稚貝の殻頂部に区劃されて残つている原殻の特徴を観察し，之に一致する浮游仔貝を求めた。昭和30年8月上旬頃，ハイガイが多く棲息する浜町地先の漁場の附近で多数採集した浮游仔貝は，アカガイやサルボウの浮游仔貝に類似の形態を呈し，而かもハイガイの漁場に多いので，一応ハイガイの浮游仔貝の疑を持つた。一方潟の泥中から底棲初期の稚貝を探し求め，昭和30年8月31日及び昭和31年8月8日，潟の泥を篩にかけて最小殻長0.29mmから1.70mm迄の底棲初期の稚貝を多数採集することが出来た。この稚貝の殻頂部に於ける原殻部を観察するのに，此の部分は他の多くの種類の二枚貝の場合と同じ様に新生殻部との区劃は明瞭で，原殻部分の輪郭は明らかに之を追うことが出来る。此の部分の形態は前後に長く延び，前後は殆ど同形で区別が困難である。殻頂の膨出は不顕著である（第2図，d）。前記の昭和30年8月初旬及9月初旬浜町地先で採集したアカガイ類似の浮游仔貝は形態や大きさ等が此の稚貝の原殻部に一致するので，之をハイガイの浮游仔貝と同定した。成熟期に達したと思われる此の浮游仔貝の大きさを測定した結果は第1表の通りで，0.218mm×0.174mm——0.268mm×0.200mmである。殻形は原殻部の観察に一致し，幼殻の形態並に分布の状態もアカガイやサルボウと同じく，蝶番線には靱帯を挟んで前後に各7個内外の楯状歯が並んでいる（第2図，c）。殻表の剛毛は近縁種のアカガイやサルボウでは明らかに認められるが，本種では認め難い。然し底棲生活に移つて間もない稚貝に

Table 1. Measurement of full grown veliger.

Length mm	Height mm
0.218	0.174
0.225	0.174
0.232	0.174
0.232	0.181
0.232	0.189
0.239	0.189
0.247	0.189
0.254	0.189
0.254	0.196
0.268	0.200

は明らかに之が存在することが認められる（第2図，d）。殻の色は全体に淡黄色を呈し，サルボウの鮮黄色に較べると黄色味は薄い。輪脈は稍不顕著で，7条内外ある。軟体部には濃色に見える肝臓部の下の方に平衡器並に色素点が見られ，前部の下方には面盤が，後部の鰓の下方には足が延びている。肉柱は前後共明らかである（第2図，b）。同時に採集された浮游仔貝中ハイガイとしては最小0.196mm×0.167mm迄追ることが出来た（第2図，a）。

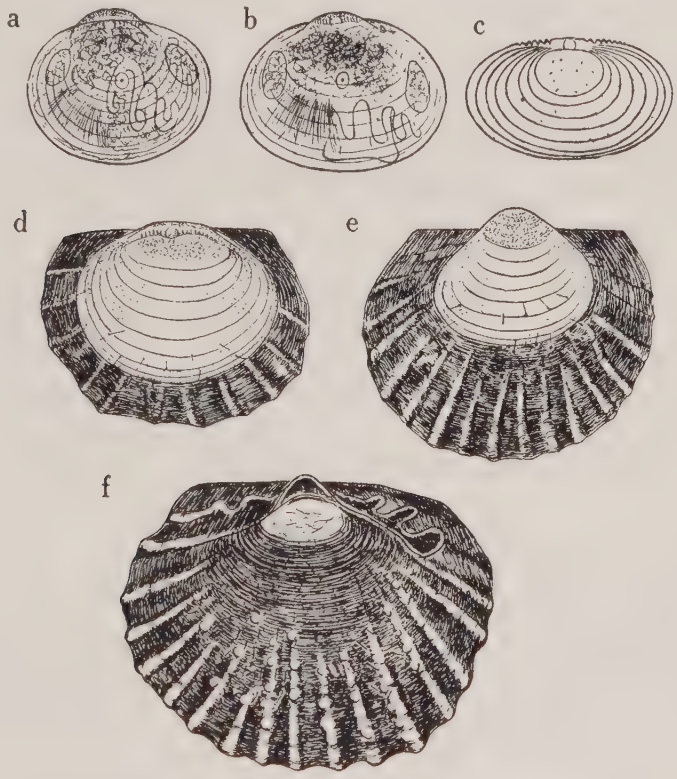


Fig. 2. Larvae and young of *Anadara granosa bisenensis*.
a. Early veliger, 0.196mm×0.167mm.
b. Full grown veliger, 0.218mm×0.174mm.
c. Larval teeth of full grown veliger, 0.231mm×0.185mm (upper view).
d. Early young, 0.290mm×0.232mm (prodissoconch, 0.218mm×0.174mm).
e. Ditto, 0.377mm×0.319mm.
f. Ditto, 0.61mm×0.50mm.

底棲生活えの移行

昭和30年8月2日に採集した浮游仔貝を生かしたまま，吉見の水産講習所の研究室に持ち帰り，現場の状況に近い1.017—18の比重の海水で飼育した。採集後3～4日の間に面盤が退化して浮游生活を終つたものが数個見られたが，その中で最小は0.231mm×0.185mmであつた。飼育の方法が適当でなかつたためか，その後の成長は認められず，約2週間の間に全部が斃死した（第2図，c）。

底棲初期の稚貝

干潟の泥中から採集した殻長0.30mm内外の稚貝の観察によると，稚貝が底棲生活に移ると間もなく殻の上に放射脈が現われるが，之は腹縁から始つて前後の背縁の方が遅れる。剛毛は新生殻上にも増加し，之は成体では黒色の殻皮になるものである。之より稍後れて放射脈上に結節が現われている。之は他の近縁種アカガイやサルボウ等には見られない特徴である。幼歯の他に前後の背縁には大形の歯も2～3出来ている（第2図，d～f）。ハイガイの稚貝はアカガイやサルボウの稚貝に較べると殻高が高い。尚此の時代の稚貝の生態は具体的に確かめることが出来なかつたが，アカガイやサルボウの様に足糸を出して他物に附着する習性は認められなかつた。何れも干潟の表面の浮泥中から採集された点に鑑み，常に浮泥の表層に棲息しているものと思うが，此の附近は潮汐流の激しい所であるから，それに伴つて不安定な生活を営んでいるものと考える。

類似種稚仔との識別

浮游仔貝の原殻の形態が前後に延長すること，櫛歯状歯を持つこと，軟体部に色素点を持つこと等は類似種アカガイやサルボウ等と共通の特徴であるが，それらの種類とは次の諸点に於いて異る。

1）ハイガイの浮游仔貝の原殻は殻頂の膨出が最も不顕著で，殻高は高く，且前後の相違は不明瞭である。

2）原殻の表面にある同心輪線の数は7条内外でサルボウの10内外，アカガイの14～15に較べて最も少い。

3）稚貝期には既に放射脈上に結節が現われるが，之は他の2種には見られない。

4）殻長0.4～0.5mm位の大きさになると，放射脈の数はハイガイとしての定規の数20条内外を具える様になり，サルボウの30条内外，アカガイの40条内外と較べて明確な識別点となる。

5）アカガイやサルボウの稚貝に較べるとハイガイが最も殻高が高い。

アゲマキ *Sinonovacula constricta* (Lamarck)

アゲマキは本州の中部以南に分布するが特に児島湾，有明海等に多く，其他朝鮮半島の南岸，中華民国の黄海沿岸等にも分布することが知られている。沿岸の河川に近い鹹度の低い所に棲息し，常に干出する地盤の高い所の泥土中に潜入している。我国では現在は有明海の湾奥部の福岡県，佐賀県の沿岸に多く，此の地方では産業的に有用な種類である。本種の稚仔については古くは浜田俊三郎氏（1922）[1]が人工授精により卵の初期発生を研究し，また2mm位迄の底棲稚貝の切片観察による構造を予報的に報告し，藤森三郎氏（1929）[2]は有明海福岡県沿岸に於ける本種の産卵期並に発生成育条件等を各々詳細に調査報告した。然し本種の稚仔について具体的に記述したものを見ない。筆者は昭和30～31年秋10～11月，有明海に面する福岡県沖之端川口で本種の稚仔に就いて調査し，浮游期の仔貝及底棲生活に移つた後の成育各期に亘つて追究することが出来たので此処に報告する。此の調査に当つては福岡県有明水産試験場の職員各位就中松尾新一，金山喜代史の両氏からは多大の御支援を戴いたことを深く感謝する。

研究の経過

筆者はアゲマキの浮游仔貝を明らかにする目的で昭和30年10月上旬佐賀県佐賀郡東与賀村沿岸で稚仔の追究を試みたが，目的とする稚仔の標本は全く採集出来ず失敗に終つた。次いで10月28日福岡県柳川市沖之端川口，明治閘前の護岸に沿つた所の底泥中から殻長0.7—2.0mmの底棲初期の稚貝を多数採集し，同時に沖之端川澪と筑後川澪との合流点附近でプランクトンネツトを曳き殻長0.3mm程度のもの1個を得た（第3図，c）。これは既に面盤は消失して居り，原殻の形態，軟体部の発達の状態等から底棲生活に移つた直後の時代のものと推定する。此の標本の殻の形態並に構造，就中殻頂の後端部に外靱帯がよく発達する等の特徴が同時に沿岸の底泥中から採集したアゲマキの発育各期の標本を通じて同一種として辿ることが出来る。昭和31年10月15日及25日，前年と略同じ場所，明治閘から長栄閘に至る附近で，稚仔の採集を行つたところ，底の泥中からは前年同様多数の稚貝が得られたが，プランクトンネツトでは，殻長0.33～1.3mm程度の既に底棲生活に移つた稚貝が数個得られたに過ぎなかつた。次いで，11月16日，福岡県有明水産試験場の松尾新一氏に依頼し，同じ場所でプランクトンネツトを曳いて貰つたが，その採集物中から殻長0.21～0.23mmの明らかに浮游期と思われるもの及び0.28～0.30mm位の浮游期を終る前後の大きさのものを相当数得ることが出来た。これにより初めて浮游仔貝期から底棲稚貝各期を通じて貝殻の形態の変化の状態を完全に辿ることが出来るようになつた。

浮游仔貝

これ等浮游期の仔貝の観察は何れもホルマリン固定の標本によつたため，殻内軟体部の観察は不可能である。殻形は前端が稍尖り，後端は丸味を帯びている。殻頂の膨出は中庸程度で，殻は薄く，殆ど無色で，表面には極めて不顕著な輪線が認められる。蝶番線は殆んど真直で，その前後に各1個の欠刻があり，蝶番線の後端の外部には外靱帯が発達している。軟体部は固定した標本では外套の縁辺と前後の肉柱が明らかな他は正確な観察は不可能である。

底棲生活えの移行

前述の通り大部分が固定標本による観察であるため，面盤が退化する過程は観察追究することが出来なかつたが，殻長0.306mmのもの（生きた標本の観察）では既に明らかに面盤が消失していたので，大体殻頂0.28—0.29mm位迄（第3図，b）は面盤を具えて浮游生活を営むものと考える。上記の面盤消失直後と思われる標本では，平衡器はあるが，色素点は見られない。鰓環は3個あり，出水管の先端には薄膜細管が発達している（第3図，c）。

稚貝

稚貝期を通じて殻形の変化は顕著である。殻長0.39～0.60mm位の間に於いては殻の形は前端は稍尖り，それに較べて後端は鈍くて殻高が高い（第3図，d—e）。殻長0.70～1.0mm位の間では前後両端が共に尖り，富士山形を呈して来る（第3図，f—g）。更に殻長が1mmを越えるようになると殻高は減じ，前端は稍丸味を帯びるようになり，後端の伸長が著しい（第3図，h—i）。殻長5～6mmになると前後に延びて長方形となり，貝殻の後部に於ける

Fig. 3. Larvae and young of *Sinonovacula constricta*.
a. Early veliger. 0.235mm×0.190mm.
b. Full grown veliger, 0.28mm×0.23mm.
c. Early most young, 0.306mm×0.252mm.
d. Young, 0.39mm×0.31mm.
e. Ditto, 0.594mm×0.432mm.
f. Ditto, 0.720mm×0.504mm.
g. Ditto, 0.936mm×0.630mm.
h. Ditto, 1.08mm×0.666mm.
i. Ditto, 1.8mm×0.9mm.
j. Ditto, 6.0mm×2.2mm (dead shell).

成長が著しいため殻頂は著しく前部に偏する。即ち成貝と同じような形となる（第3図，j）。此の成育各期を通じて外靱帯は常に明らかである

文 献

1）浜田俊三郎：1922．アゲマキ介の発生構造（予報）．動物学雑誌，**34**（401）．
2）藤森一三郎：1929．有明海干潟利用研究報告．福岡県水産試験場．

マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について (III)

自然岩礁に於ける冠水時の放出※

松　井　敏　夫

On the Shedding of the Spores of *Gloiopeltis tenax* (TURN.) J. AG. and *G. furcata* POST. et RUPR. (III)
Liberation of the Spores from the Fronds Reflooded by Rising Tide

By

Toshio MATSUI

In the preceding papers (MATSUI, 1955, '56), the author reported that *Gloiopeltis tenax* and *G. furcata* periodically shed the spores once a day in submerged condition in laboratory, and that the shedding time is greatly affected by drying. In the field, *Gloiopeltis* thrives in the upper littoral zone, so that the alternate emersion and submersion of the fronds caused by tide occur regularly twice a day. The present experiment was attempted to make clear the actual liberation occurring in the field.

The material was collected from Yoshimi just before being reflooded by rising tide, and then immersed in sea water in laboratory. Thus, the subsequent shedding was examined. The results obtained, being compatible with that reported in the previous papers, are as follows :

1) In *G. tenax*, the spores are generally shed at the time when the fronds are submerged by rising tide in the afternoon. In *G, furcata*, on the contrary, the spores are shed at that time of rising tide in the morning. In the other localities, however, the shedding time may show some deviations from that of this locality, because the time of low and high tides is different according to localities at a fixed date.

2) Generally speaking, the shedding of the spores in *G. tenax* is apt to be advanced by the emersion, and that of *G. furcata* is delayed by it. During the neap tide, both species shed the spores twice a day in two submersions, though the shedding amount becomes little. During the spring tide, they shed the spores once daily in one of two submersions.

3) There is a definite correlation between the period of fertility and the change

※ 水産講習所研究業績 第218号

of tide, that is, the shedding amount is a large quantity in the spring tide and little in the neap tide.

The shedding amount from the frond of tetrasporophyte without paraspores can be expected by the number of the tetrasporangia and the degree of their maturity, under microscope.

緒 言

第1報（1955），第2報（1956）で，マフノリ及びフクロフノリの胞子は，海水に浸つた状態では，週期的に毎日1回略定まつた時刻に放出されるが，蔭干すると，その週期が非常に乱れてくることを報じた。又第1報で，自然岩礁に於いては，1日2度の上潮の度に同一藻体が放出することはないだろうと述べたが，第2報の結果からは，そのような場合もあり得ると考えられる。今回は自然の冠水時にはどのような放出が起るか，又それが潮汐と共にどのように変つて行くかを知る為に，自然状態で干出していた藻体のその後の放出を調べた。その結果から推定された自然状態に於ける放出状態は，前報までの結果と全く矛盾しないことがわかつたので報告する。

本文を草するに当り，御校閲を賜つた九州大学農学部瀬川宗吉博士並びに終始懇切なる指導，助言をいただいた東京水産大学木更津実習場片田実博士に深謝する。

材 料

材料として，吉見地先の岩礁に生育するマフノリ及びフクロフノリの四分胞子をもつ体（須藤（1949）のtype Pを含まず）を用いた。なおこの体の放出量は実際に放出させなくても藻体の表面を検鏡すれば，その胞子嚢の数とその分裂状態で大体の見当をつけることが出来る。即ち中潮→大潮の間には未分裂の状態の胞子嚢が多数見られるが，大潮頃には分裂して放出直前だと思われる多数の胞子嚢が見られ，中潮→小潮の頃には放出された胞子嚢の痕跡が多数あつて胞子嚢は全然見られないか或いは僅かに点在するにすぎないようになる。それ故実験には，特に小潮頃に於いては，なるべく胞子嚢の多い体を選んだ。

実験及び結果

1955，1956年の4月中旬から6月中旬までの間，水産講習所実験室で実験を行つた。

1. マフノリ

実験 I 方法：藻体を上に干出時の冠水直前に採取して実験室に持ち帰り，自然の冠水時刻に出来るだけ合わせて海水に浸し，その後の放出をしらべた。降雨や荒浪に際しては，止むを得ず干出前又は干出してまもない頃に採取して室内で干出させ，波浪の余りない場合の冠水時刻を推定して浸漬したが，その場合も冠水直前に採取した場合と結果において何等差異を見出さなかつたので，一緒にまとめることにした。藻体の乾燥度合は表面が辛うじて乾燥する程度の場合が普通であつたので，特に乾燥度合については検討しなかつた。放出量の比較値は前報と同じ方法で数えた放出比数を一定重量（約1ヶ月蔭干した体10mg）当りの数に換算して表わした。この比較値には放出量の多い時には個体によつてかなりの差が見られたが，1回に3～9個体について行い，それ等の平均で表わした。

結果：第1図に示した。藻体の干出し始める時刻は精確に記録出来ない場合が多かつたので浸漬時刻のみを記した。又マフノリは小潮時には殆んど干出しない場合もあるが，実験の目的から見て，室内で大抵2時間干出させた。第1図から次のようなことがわかる。a）放出は主として午後の冠水時に起る。b）大潮頃には多量の胞子が放出される。c）小潮より大潮に向う中潮時には，2度の冠水時に共に放出が見られるが，その量は大潮の時に比べて非常に少い。

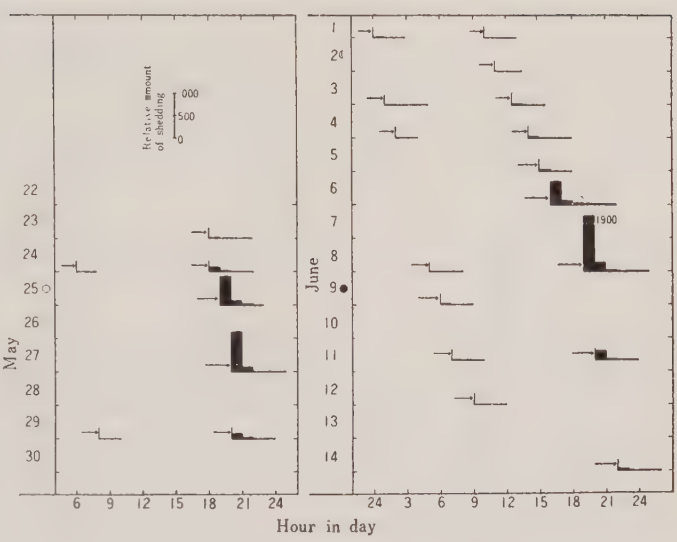


Fig. 1. Shedding of the tetraspores of *G. tenax* occurring when the thalli are reflooded by the rising tide. →, emersion.

実験 II 方法：考察の資料に供する為，干出を与えなかつた藻体と，自然干出後の藻体（又は室内で自然干出に当たる時刻に干出させた藻体）とで放出状態を比較した。放出量の比較値は前報までと同じ方法で数えた放出比数によつた。

結果：第2図に小潮時，中潮時，大潮時の順に示した。小潮時には午前の冠水時刻は干出しない場合の放出時刻より10時間以上前であつて，その直後には放出が見られないが，放出されても非常に僅かで，主に午後の自然干出時刻頃に放出が見られる（a_1,a_2）。月令が進んで干出時刻が次第に遅れて来ると，昼間の干出後の冠水直後に放出され，更に残りは夜半の自然干出時刻頃に放出される（b_1,b_2）。干出時刻が更に遅れて干出時間が長くなり，放出時刻に近づくと c_2，c_3のように午後の浸漬直後に殆んどすべての胞子が放出され，次の干出時刻頃には干出を与えても（c_3）放出は見られない。

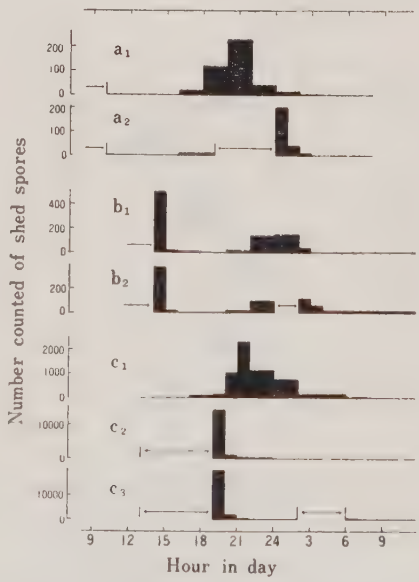


Fig. 2. Comparison of the shedding after emersion, dried at the time corresponding with natural emersion in laboratory, with that in the case without the emersion of the tetraspores in *G. tenax*. a_1, a_2 (June 1—2, 1956), the shedding in the neap tide; b_1, b_2 (June 4—5, 1956), that in the midtide between the neap and the spring tides; c_1, c_2 (June 8—9, 1956), that in the spring tide. →, emersion.

2. フクロフノリ

実験をマフノリと同じ方法で行つた。

実験 1 結果を第3図に示した。フクロフ

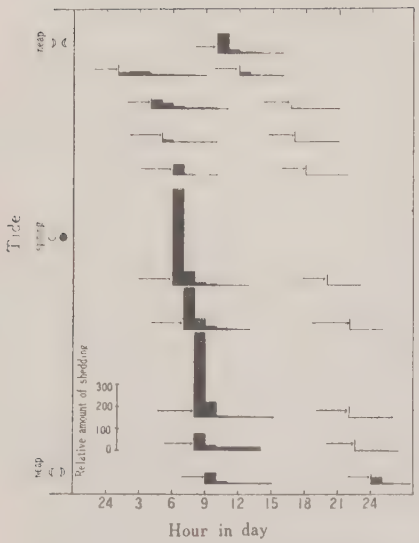


Fig. 3. Shedding of the tetraspores of *G. furcata* occurring when the thalli are reflooded by rising tide, expressed by the period of spring and neap tides. →, emersion.

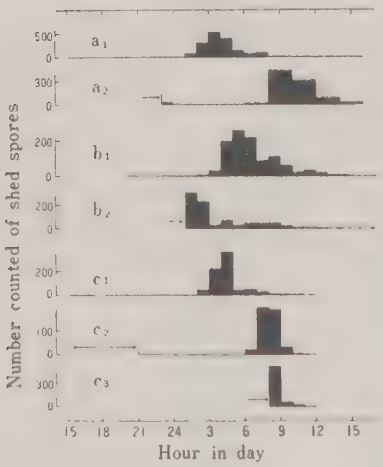


Fig. 4. Comparison of the shedding after natural emersion with that in the case without the emersion, of the tetraspores in *G. furcata*. a_1 and a_2 (May 14—15, 1956), few days before the neap tide; b_1, b_2 (May 3—4, 1956), few days after the neap tide; c_1—c_3 (March 27—28, 1955), few days after the spring tide. >, emersion.

ノリの胞子放出には時期的変化は認められないから，潮汐の大週期に合わせて表わした。同じ月令の日で波浪，潮位などによつて冠水時刻が異なつた場合には，その中間の時刻を冠水時として表わした。この図から次の結果を得る。a）フクロフノリの胞子はマフノリとは逆に午前の冠水直後に放出され，午後には放出されない場合が多い。この差はマフノリより余程はつきりしている。b）大潮頃には多量の胞子が放出される。c）小潮頃にはやはり2度の冠水時に共に放出が起る場合があるが，その量は大潮の時に比べれば遙かに少い。

実験 2　結果を第4図に示す。小潮頃はa_1, a_2のように，午後の冠水時刻が干出させない場合の放出時刻より5時間位前で，その冠水直後には僅かに放出が見られるのみで，大部分はそれより10～13時間後に放出される。2，3日後にはb_1, b_2でわかるように，午前の冠水時に多くの胞子が放出される。大潮頃は午前の干出時刻と放出時刻とが大体一致している故か，その冠水時に全胞子が放出される（c_1～c_3）。

考　　察

本実験の結果から，大潮頃にはマフノリでは午後の，フクロフノリでは午前の冠水時に胞子放出が起り，小潮頃には2度の上潮時に共に放出が見られる場合があるが，その時の放出量は大潮頃に比べて非常に少いことがわかる。前報までの結果によると，浸漬状態での放出時刻は大略マフノリでは18～24時，フクロフノリでは2～9時の間で，フクロフノリではこの範囲内で潮時に伴つて変動し，上潮時に相当する時刻頃になる傾向があり，マフノリでもその傾向は皆無とは言えないが，* フクロフノリに比べて遙かに固定的である。放出量は両種とも大潮頃に多い。又マフノリの放出は蔭干によつて誘発され易く，その日に放出される胞子の一部又は大部が無乾燥の場合より6～12時間早く放出され，残余がそれより6～12時間後に放出されるのに対して，フクロフノリでは放出が誘発されるのは放出時刻頃

* マフノリの放出時刻も午前の干出に影響されて18～24時の間を潮汐に伴つて僅かながら変動するらしいがフクロフノリのように顕著ではない

に限られ，放出時刻より6時間前までに蔭干を終えた場合にはそれより11～13時間後に放出が起る。

以上の結果からマフノリに於ける干出と放出との関係は以下に要約される。

（1） 浸漬状態での放出時刻より10～6時間前に冠水した場合にはその直後に放出され，更に10時間位後にも放出が起る故，次の干出後にも放出されることになる。即ち干出の度毎に放出が見られる。

（2） 大体5時間前以後に冠水した場合には，その直後に殆んどすべての胞子が放出され，次の干出後には殆んど放出されない。

自然岩礁に於ける放出状態について細かく考察すると次の通りになる。当地の6月頃の中潮→大潮→中潮の間に於けるマフノリの冠水時刻は大体4～9時頃と16～21時頃であるので上記（2）の放出形式となり，16～21時頃の冠水時にすべて放出される（第2図c_2，c_3）。中潮から小潮に向う頃に於いては大体22～24時，9～12時頃に冠水し，午後の干出は放出時刻と略一致するから，第2図a_2に示すようにその冠水時に多くの胞子を放出する。小潮後中潮までの頃の冠水は24～3時，12～15時の間の2回で，上記（1）の放出形式をとり，2度とも放出が見られる（第2図b_1，b_2）ことになると考えられる。小潮に近い頃には前者の時刻に，中潮に近づけば後者の時刻により多く放出され，この時期が放出時刻の変り目になると考えられる。勿論小潮時には一日中干出しないことも，又午後干出することもあるだろうが，何れにしても20～24時頃に放出されるものと考えられる。以上から冠水時の放出は大潮頃では誘発作用の結果，小潮頃では抑制作用の結果起る場合が多いと言えよう。

次にフクロフノリでは，その胞子の放出はマフノリ程干出によつて誘発されないが，放出時刻は午前の干出と大体一致して変動する。これは前報で報じたように午後干出させて浸漬すると次の放出時刻はそれより11～13時間後で略一定しているという性質に基いて，午後の干出に最も大きく影響されて，放出時刻が午前の干出時刻と一致して変動するからである。小潮頃は放出時刻の変化する時で，この頃の夜半の干出は短時間で余り乾燥しないので，その干出の影響は小さくその後の放出までは，10～13時間より短かくなるのであろう。この時胞子は長時間（2～8時）に亘つて少量づつ放出される（第4図b_2）ことが多いようである。正午頃の冠水時には干出によつて抑制された放出時刻の終り頃の胞子が放出されるものと思われる。その後干出時の潮位が次第に低くなつて干出時間が長くなると，午後の干出（乾燥度が高いので夜半の干出より放出に大きな影響を及ぼすものと考えられる）の影響により放出時刻は次第にそれより11～13時間後となり，午前の干出時刻と一致するようになるのであろう。従つてフクロフノリの胞子が上潮時に放出されるのは主として抑制作用と結果であると考えられる。なお10日間位干出しないように海中に設置した藻体の放出時刻は4～8時であるという結果も得られているので，フクロフノリの胞子はこの時刻を中心に或範囲の時刻内で放出されるのみで，それ以外の時刻には放出されない性質をもつているのではないだろうか（この点マフノリも同様であると考えられる）。本実験地に於けるフクロフノリの帯位は大部分上部潮間帯（片田，1952）内にある，つまり一日に2回干出するので上の見解が常に成立するものと思われる。

放出量は第1報で述べたように両種とも大潮頃に多い。これについては前述のように成熟胞子が大潮時に多く，小潮時に少いことによると思われるが，そのような成熟週期の原因については未だ捉えていない。なお干出しないように海中に垂下した藻体も相当量の胞子を放出するが，その放出量の変化は装置が流失した為確かめることが出来なかつた。

潮時には地方的なずれがあるから，放出時刻もそれに伴つてずれていると考えられるが，実際タネマキを行うに当つては一応その海岸での放出状態について実験することが望まれる。

なお当地には，フクロフノリの外見でありながら，胞子の放出状態はマフノリとよく似ているフノリが生育しているが，このものの胞子放出については次報に譲る。

要　　約

下関市吉見に於けるマフノリ及びフクロフノリの冠水と放出との関係について実験し，前報までの結果と考え合わせて，自然岩礁に於ける放出を推論した。マフノリの胞子は主に午後の，フクロフノリの胞子は主に午前の冠水時に放出され，その放出は前者では干出によつて放出が誘発される為，後者では抑制される為に起ることが多い。又両種とも小潮頃に放出時刻が変動し，この時には1日2度の冠水時には共に放出が見られる。放出量は大潮頃に多く小潮頃に少いことを再確認した。なお四分胞子を有する体の放出量は実際に放出させなくても，検鏡して胞子嚢の数，分裂状態を見れば大体予想することが出来る。潮時の異なる地域に於いては放出時刻も異なるものと考えられる。

引　用　文　献

片田　実：1952. 潮位によつて潮間帯を細分する試み. 生態学会報, **2**, 9～12.

松井　敏夫・安田　力：1955. マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について（I）. 本報告, **4**, 245～251.

――――：1956. 仝上（II），放出時刻に及ぼす蔭干の影響. 本報告, **6**, 141～148.

須藤　俊造：1948. フノリの paraspore に就いて（海藻胞子附けの研究 第三報）. 日水誌, **14**, 87～89.

昭和32年7月13日印刷　　下関市吉見永田本町1944番地
昭和32年7月15日発行　　農林省水産講習所
（非売品）
下関市長崎町2281番地
印刷所　瞬報社写真印刷株式会社
印刷者　藤田永之進